This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

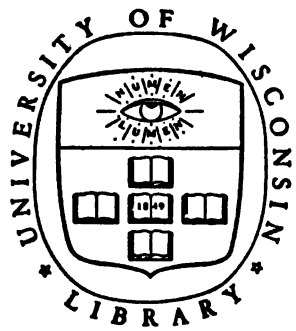
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


UNIVERSITY OF WISCONSIN
LIBRARY

LEHRBUCH

DER

BAUMATERIALIENKUNDE

ZUM GEBRAUCHE AN

TECHNISCHEN HOCHSCHULEN UND ZUM SELBSTSTUDIUM

VON

MAX FOERSTER

ORD. PROFESSOR FÜR BAUINGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

HEFT I

DIE NATÜRLICHEN GESTEINE

MIT EINER TAFEL

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1903

Alle Rechte, besonders das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

SF
+F68

AUG 30 1956

6144058

Vorwort.

Das vorliegende Lehrbuch der Baumaterialienkunde, bestimmt für Bauingenieure und Architekten und zwar sowohl zum Selbststudium wie für den Gebrauch auf technischen Hochschulen, soll in sechs in sich abgeschlossenen Einzelheften erscheinen. Von diesen werden behandeln:

Heft I: Die natürlichen Gesteine.
Heft II: Die künstlichen Steine.
Heft III: Das Holz.
Heft IV: Die Verbindungsstoffe.
Heft V: Die Metalle.
Heft VI: Die Baustoffe des inneren Ausbaues.

Die Ausgabe der einzelnen Hefte soll so gefördert werden, daß etwa jedes halbe Jahr ein neues Heft erscheint. Das Lehrbuch ist zugleich — ähnlich wie des Verfassers „Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten“ — als ein das Handbuch der Ingenieurwissenschaften ergänzendes Werk gedacht; es erscheint deshalb auch — wie jenes — in dem altbewährten Verlage von Wilhelm Engelmann, Leipzig, und schließt sich in Format und Ausstattung dem Handbuche an.

Das vorliegende erste Heft behandelt, der oben gegebenen Arbeitseinteilung entsprechend, das Gebiet der natürlichen Gesteine. Der Verfasser hat hierbei zunächst besonderen Wert auf eine wissenschaftliche Bezeichnung der Gesteine und die Darstellung ihrer Zusammensetzung gelegt; dürfte doch bekannt sein, in welchem Gegensatze einerseits oft die in der Technik übliche Benennung eines Gesteines mit seiner wissenschaftlich petrographischen Bezeichnung steht, und wie anderseits es bisher üblich gewesen, bei den Prüfungen der Gesteine erheblich verschiedenartige und eine recht abweichende Zusammensetzung zeigende Materialien unter einem Sammelbegriff unterzuordnen. Will man aber — wie angestrebt — in Zukunft zugleich mit der seither üblichen technischen Gesteinsprüfung, eine petrographische Untersuchung verbinden und auf eine genaue Artbestimmung der Gesteine eingehen, so wird es für den Techniker unumgänglich notwendig werden, sich auch in der Baumaterialienkunde die Ergebnisse der petrographischen und geologischen Forschung nutzbar zu machen. In diesem Sinne vorbildlich zu wirken, soll eine Hauptaufgabe des ersten Heftes sein. Nur wenn die wissenschaftliche Gesteinskunde und die technisch wissenschaftliche Prüfung Hand in Hand gehen, wird es möglich sein, allgemeine Gesetzmäßigkeiten zwischen der Zusammensetzung, Struktur u. s. f. eines Gesteines und dessen physikalischen, im besonderen dessen Festigkeitseigenschaften aufzudecken, und — wenigstens in bestimmten Gruppen — aus den Forschungsergebnissen in der einen Richtung auf ein Verhalten in der anderen zu schließen.

Des weiteren ist es neben der Kenntnis von der Gewinnung, Herstellung und Bearbeitung der Baustoffe für den Techniker notwendig, sich eine genauere Bekanntschaft mit den technischen Prüfungsmethoden anzueignen, im besonderen auf die Ermittelung der Festigkeitsverhältnisse und der Widerstandsfähigkeit der Baustoffe größeren Wert — als es bisher meist üblich — zu legen. Auch auf diese Fragen geht das Lehrbuch — und mit ihm das vorliegende erste Heft — genauer und ausführlicher ein. Selbstverständlich kann es aber nicht die Aufgabe der vorliegenden Bearbeitung sein, das gesamte Gebiet des Prüfungswesens erschöpfend zu behandeln, im besonderen auf die verschiedensten Arten der Prüfungsmaschinen und Meßvorrichtungen einzugehen: in dieser Richtung wird auf die einschlägigen Sonderabhandlungen, sowie auf das grundlegende Werk von A. Martens verwiesen.

Auch die verschiedensten Verwendungsgebiete der Baumaterialien werden in zusammenhängender Weise zur Besprechung gelangen, hierbei soll im besonderen den Anforderungen und Bedürfnissen der baulichen Praxis eingehend Rechnung getragen werden.

Der Verfasser ist sich wohl bewußt, daß er bei der großen Fülle des zu bewältigenden Stoffes und der Schwierigkeit in allen Einzelgebieten Erfahrungen zu sammeln, keine lückenlose Arbeit zu bieten vermag. Er bittet deshalb seine Fachgenossen das vorliegende Lehrbuch als das aufzunehmen, was es sein soll, als eine Einführung des Technikers in das weitverzweigte Wissensgebiet der Baustofflehre, auf Grund neuerer Anschauungen, Beobachtungen und Forschungen.

Möge das Lehrbuch bei meinen Fachgenossen eine freundliche Aufnahme finden.

Bei den ersten Kapiteln des vorliegenden ersten Heftes, in denen die wichtigsten gesteinbildenden Mineralien und die in der baulichen Praxis verwandten Gesteine selbst nach der petrographischen Seite hin behandelt sind, hat der Verfasser sich vorwiegend an das klassische Werk von Dr. Ferdinand Zirkel: Lehrbuch der Petrographie, sowie an das Werk von Dr. O. Herrmann: Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie, eine im besten Sinne technische Geologie, angeschlossen.

Zum Schlusse sei der Verlagsbuchhandlung Wilhelm Engelmann zu Leipzig der beste Dank für die stete Bereitwilligkeit ausgesprochen, mit der sie in zuvorkommendster Weise das vorliegende Unternehmen allzeit gefördert und unterstützt hat.

Dresden im August 1903.

M. Foerster.

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Die Einteilung der Baustoffe	1
I. Abschnitt. Hauptbaustoffe.	
Teil I. Die natürlichen Gesteine.	
Kapitel I. Die gesteinsbildenden Mineralien, die Einteilung und die baulich wichtigsten Eigenschaften der natürlichen Gesteine	2—17
§ 1. Die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien der baulich verwendeten Gesteine	2—8
§ 2. Die Einteilung der natürlichen Gesteine	8—10
§ 3. Die baulich wichtigsten Eigenschaften der natürlichen Gesteine	10—17
Kapitel II. Die baulich wichtigen natürlichen Gesteine	17—67
§ 4. Die massigen Erstarrungsgesteine	17—35
1. Granit	17—22
2. Syenit	22—24
3. Porphyre	24—27
4. Diorit	27—28
5. Porphyrit	28
6. Diabas	28—29
7. Gabbro	29—30
8. Melaphyr	30—31
9. Olivin und Pyroxengesteine	31
10. Rhyolithe und rhyolithische Gläser	31—32
11. Trachyt und Andesit	32—33
12. Phonolith	33
13. Basalt und Dolerit	33—35
14. Lava	35
§ 5. Die kristallinischen Schiefergesteine	35—38
1. Gneis	35—36
2. Granulit	36
3. Glimmerschiefer	36—37
4. Phyllit	37
5. Chlorit und Talkschiefer	37
6. Hornblendefels und -Schiefer	37—38
7. Serpentin	38
8. Eklogit	38
§ 6. Sedimentgesteine kristallinischer oder wenigstens nicht klastischer Beschaffenheit	39—50
1. Kalkstein	39—43
Marmorarten	43—46
2. Dolomit	46—47
3. Gips und Anhydrit	47—48
4. Quarzit, Quarzfels, Quarzschiefer und verwandte Kieselgesteine	48—49
5. Eisengesteine	49—50

	Seite
§ 7. Klastische Gesteine	50—67
1. Konglomerate und Breccien	50—51
2. Tuffe	51—53
3. Tonschiefer	53—54
4. Sandstein	55—63
5. Grauwacke	63—64
6. Kaolin, Ton, Lehm, Loeß und Mergel	64—66
7. Quarzgerölle, Quarzgruß und Quarzsand	66
8. Garten- und Dammerde	66—67
Kapitel III. Die Gewinnung und Bearbeitung der natürlichen Bausteine	67—78
§ 8. Die Gewinnung der natürlichen Bausteine	67—69
§ 9. Die Bearbeitung der natürlichen Gesteine	70—78
Kapitel IV. Die Prüfung der natürlichen Gesteine	78—95
§ 10. Die Prüfung im allgemeinen	78—79
§ 11. Die Festigkeitsverhältnisse und deren Prüfung	79—84
§ 12. Die Prüfung auf Wasseraufnahme, Porosität, Frost- und Wetterbeständigkeit sowie Dauerhaftigkeit	85—90
§ 13. Die Prüfung auf Abnutzbarkeit, die Bestimmung der Härte und Zähigkeit	91—93
§ 14. Besondere Prüfungen	93—95
Kapitel V. Die wichtigeren baulichen Verwendungsgebiete der natürlichen Gesteine	95—109
§ 15. Die Verwendung der natürlichen Steine im Hochbau	95—100
§ 16. Die Verwendung der natürlichen Steine im Ingenieurbau	100—109
Literatur-Nachweisung	109—113
Sach-Verzeichnis	114—118

Die Einteilung der Baustoffe.

Unter den zur Herstellung von Baulichkeiten aller Art verwendeten Stoffen lassen sich **3 Hauptgruppen,** je nach dem Zwecke, welchen die Materialien im Bau zu erfüllen haben, bilden:

I. **Hauptbaustoffe,** d. h. solche, welche vorwiegend zu den tragenden Konstruktionen Verwendung finden. Hierher gehören:
   1. Die natürlichen Gesteine. (Heft 1.)
   2. Die künstlichen Steine. (Heft 2.)
   3. Das Holz. (Heft 3.)
   4. Die Metalle — im besonderen das Eisen — (Heft 4).

II. **Verbindungsstoffe,** zur Vereinigung getrennter Materialstücke dienend. Hier sind zu besprechen:
   a) Die verschiedenen Mörtelarten.
   b) Die Asphalte. } Heft 5.
   c) Die Kitte.

III. **Hilfsbaustoffe,** d. h. solche, welche vorwiegend im Inneren-Ausbau zur Verwendung kommen. Hier werden behandelt:
   a) Das Glas.
   b) Die Anstrichmittel.
   c) Die Dichtungsmittel. } Heft 6.
   d) Pappe, Linoleum, Rohr, Tapeten u. dergl.

I. Abschnitt.

Hauptbaustoffe.

Teil I. Die natürlichen Gesteine.

Kapitel I.

Die gesteinsbildenden Mineralien, die Einteilung und die baulich wichtigsten Eigenschaften der natürlichen Gesteine.

§ 1. Die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralien der baulich verwendeten Gesteine.

Die Mineralien, welche ein Gestein bilden, werden Gemengteile genannt. Je nachdem ein Mineral oder mehrere zum Aufbau der Gesteine mitwirken, unterscheidet man einfache oder gemengte Gesteine; je nachdem die Mineralien als Hauptbestandteile das Wesen und die Eigenschaften des Gesteines bedingen, oder sich nur als zufällige oft auch erst später durch Umsetzungsvorgänge gebildete Beimengungen zeigen, werden wesentliche und zufällige, (accessorische) Bestandteile unterschieden. Es liegt auf der Hand, daß bei verschiedenen Gesteinen dasselbe Mineral bald wesentlich, bald accessorisch sein kann.

Aus der großen Anzahl der Mineralien, welche am Aufbau unserer Erde Anteil haben, sind es verhältnismäßig wenige, welche bei der Zusammensetzung der baulich wichtigen Gesteine in Frage kommen; unter ihnen sind besonders hervorhebenswert und nachfolgend zu besprechen: a) der Quarz, b) die verschiedenen Feldspate, c) die Gruppen: Leucit, Nephelin, Haüyn, Melilith, sowie d) Hornblende (Amphibol) und Augit (Pyroxen), alsdann e) die Glimmergruppe, ferner f) Olivin, g) Chlorit und Talk, h) Kalkspat und Dolomit, schließlich i) die Eisenmineralien — vorwiegend Eisenkies[1]). —

a) Der Quarz ist chemisch reine, wasserfreie Kieselsäure (SiO_2), besitzt eine Härte = 7[2]), ein spezifisches Gewicht von 2,5—2,8, und zeigt meist unvollkommene

[1]) Den nachfolgenden Angaben über diese Mineralien hat zu grunde gelegen: Dr. Ferdinand Zirkel, Lehrbuch der Petrographie. Leipzig, Wilhelm Engelmann 1893. Bd. I. Allgemeine Petrographie.

[2]) Die für gewöhnlich zum Vergleich herangezogene Härteskala von Professor Mohs zeigt 10 Mineralien, von denen das folgende immer härter als das vorangehende ist. Die Härtegrade werden durch die Nr. der einzelnen Mineralien bezeichnet.

1. Talk (mit dem Fingernagel leicht ritzbar).
2. Gips oder Steinsalz (mit dem Fingernagel schwer ritzbar).
3. Kalkspat (mit dem Messer leicht zu schaben).

Spaltbarkeit. In den Gesteinen bildet er unregelmäßige kristallinische Körner mit rauher Oberfläche, glas- bis fettähnlichem (besonders auf der Bruchfläche) Glanze und mehr oder weniger abgerundeten Ecken und Kanten; er ist farblos, weißlich, grauweiß, grau bisweilen auch gelblich oder bläulich.

Quarz nimmt einen sehr wichtigen Anteil an der Zusammensetzung der Gesteine; für sich allein bildet er den Quarzit, tritt ferner in einer großen Anzahl von Gesteinen im Granit, in gewissen Dioriten, Diabasen, älteren und jüngeren porphyrischen Eruptivgesteinen u. s. w. als ein wesentlicher Gemengteil auf, spielt weiter eine grosse Rolle bei der Zusammensetzung der kristallinischen Schiefer, und schließlich der Sandsteine. Zur Bildung der letzteren war er im Vergleich mit den anderen häufiger vorkommenden Mineralien durch seine erhebliche Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und chemische Verwitterungs- und Umgestaltungsvorgänge befähigt.

Die Verwendung des Quarzes bei Herstellung der verschiedenartigsten Kunstprodukte der baulichen Technik ist eine sehr verbreitete; es seien nur genannt Glas, Porzellan, Chamottesteine, Ziegel besonderer Art u. s. w.

b) Die Feldspate. Hier sind die folgenden gesteinsbildenden Arten zu unterscheiden.

1. Der monokline Feldspat. — Orthoklas — ein Kali und Tonerdesilikat, daher auch Kalifeldspat genannt.

2. Die triklinen Feldspate und zwar:

a) Mikrolin, chemisch mit Orthoklas gleich bedeutend.

b) Plagioklas: Unterarten dieses sind:

α) Albit, ein Natron-Tonerdesilikat, daher Natronfeldspat genannt.

β) Anorthit, ein Silikat aus Tonerde und Kalk, Kalkfeldspat. Aus der Mischung von Albit und Anorthit gehen weiter die zwischen beiden stehenden Natronkalkfeldspate — Oligoklas und Andesin, sowie Kalknatronfeldspat — Labradorit — hervor, unterschieden durch ihren SiO_2-Gehalt — vergl. unten.

Orthoklas, Mikrolin und Albit pflegt man auch unter dem Namen der Alkalifeldspate zu vereinigen. An Stelle von Orthoklas ist bei den tertiären und jüngeren Eruptivgesteinen auch der Name Sanidin eingeführt.

Orthoklas, chemisch $K_2Al_2Si_6O_{16}$ mit 64,7% Kieselsäure und 18,35% Tonerde — bildet in den Gesteinen Kristalle und kristallinische Körner; diese zeigen in den porphyrischen Gesteinen eine mehr oder weniger regelmäßige, in den körnigen Eruptivgesteinen eine unregelmäßige Begrenzung. Das spez. Gewicht beträgt 2,54—2,58, die Härte ist 6, der Glanz glas- manchmal perlmutterartig. Das Mineral ist selten wasserhell, häufiger gefärbt, besonders rötlichweiß bis fleisch- und ziegelrot[1]), gelblich, graulich[2]), bis grünlich grau. Orthoklas bildet einen der wesentlichen Bestandteile vieler älterer

---

4. Flußspat (mit dem Messer schwer zu schaben).
5. Apatit (mit dem Messer kaum noch zu schaben, gibt am Stahl keine Funken).
6. Orthoklas (gibt am Stahl einzelne Funken).
7. Quarz (gibt am Stahl lebhafte Funken).
8. Topas.
9. Korund.
10. Diamant.

Eine von Breithaupt aufgestellte 12teilige Härteskala setzt zwischen 2 und 3 Glimmer, hinter Apatit noch Hornblende als Zwischenstufe ein. Wenn nichts anderes bemerkt, ist weiterhin stets auf die Mohssche Härteskala Bezug genommen.

[1]) z. B. in den südschwedischen, grobkörnigen Graniten.

[2]) Letztere beiden Farbtöne weist gewöhnlich der Sanidin auf.

Massengesteine wie des Granit, Syenit vieler Porphyrarten und kristallinischen Schiefer, bald in Verbindung mit Quarz, bald ohne diesen. Andesin findet sich u. a. im Trachyt, den jüngeren Rhyolithen und in den Phonolithen.

Mikrolin — in seiner chemischen Zusammensetzung dem Orthoklas gleich — spielt als Gesteinbildner bei weilem nicht die Rolle wie Orthoklas; es erscheint neben anderen Feldspatarten häufiger in den grobkörnigen Ausscheidungen der Spaltausfüllungen der Granite, Syenite, Porphyre (seltener) und mancher Gneise u. s. w. und zwar oft so reichlich, daß Mikrolin fast allein den Kalifeldspat bildet. — Bezeichnend für das Mineral ist seine mikroskopische Gitter-Struktur.

Albit, ein Natron-Tonerdesilikat von der chemichen Zusammensetzung $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ und mit etwa 68% Kieselsäure erscheint seltener als selbständiger Gesteinsgemengeteil und zwar nur in einigen Graniten, Syeniten, Dioriten und Phylliten. Seine Farbe ist wasserhell, weiß, rötlich, grünlich, gelblich oder braun.

Anorthit findet sich als Gemengteil von Gesteinen vorwiegend basischer Natur, in manchen Dioriten, Diabasen, Gabbroarten, Olivingesteinen, im Hornblendefels, in kristallinischen Schiefern, Basalten und vulkanischen Auswurfsprodukten. Seine chemische Zusammensetzung wird etwa durch die Formel: $CaAl_2Si_2O_8$ ausgedrückt. Der Kieselsäuregehalt beträgt 45—43%.

Zwischen den beiden letzteren stehen:

Oligoklas und der ihm nah verwandte Andesin, Natronkalkfeldspat mit 66—62% bezw. 62—55,5% SiO_2; beide bilden sehr häufig vorkommende Gemengteile in Graniten, Syeniten, Gneisen und den zugehörenden porphyrischen Gliedern, sowie in vielen Dioriten, Diabasen, trachytischen und andesitischen Felsarten, in ersteren Gesteinen in Verbindung mit Orthoklas; von diesem unterscheidet ihn seine etwas abweichende Farbe, in der Regel mehr weiß und sein matterer Glanz.

Labradorit, Kalknatronfeldspat mit 55,5—49% Kieselsäure ist vorwiegend in den basischen Eruptivgesteinen vertreten, in denen Orthoklas und Quarz geringere Bedeutung besitzen. Er findet sich in Dioriten, Diabasen und deren Porphyren, im Melaphyr, in basaltischen und andesitischen Felsarten und zwar in einer dem Oligoklas ähnlichen Form; manchmal ist das Mineral durch einen hervorragend bunten Farbenschiller ausgezeichnet[1]).

Die Unterscheidung der einzelnen Feldspatarten ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil auf ihnen die wissenschaftliche petropraphische Einteilung der Eruptivgesteine beruht.

Bei der Verwitterung gehen die Feldspate in Kaolin — reinen Ton — oder weißen Glimmer über, manchmal unter Ausscheidung sekundären Quarzes oder Calcits. Findet eine ziemlich reine Ablagerung der kaolinartigen Zersetzungsprodukte durch Abschlämmen oder dergl. statt, so bilden sich Porzellanerden; ist die Ablagerung von Gesteinsteilchen u. s. f. durchmischt, so entstehen Ton und Lehm. Da eine Verfestigung dieser wieder zur Bildung von Schieferton und dessen Umgestaltungsprodukten geführt hat, so ist ersichtlich, in welchem Maße auch der verwitterte Feldspat als neuer Gesteinsbildner auftritt.

Technisch verwendet kann Feldspat nur dort werden, wo er sich in größeren Gängen in reinem Zustande vorfindet; als inniger Gemengeteil der Gesteine ist das Mineral nicht zu befreien. Seine technische Verwendung bezieht sich vorwiegend auf Erzeugnisse der Glas, Porzellan und Tonindustrie.

[1]) Hierher gehören die schönen sogen. Labradorite von der Paulsinsel an der Küste von Labrador, aus den Gouvernements Kiew und Wolhynien sowie der Augitsyenit aus dem südöstlichen Norwegen, mit seinen blauschillernden Natronorthoklas-Feldspaten.

c) Nephelin, Leucit, Haüyn, (Nosean) und Melilith sind den Feldspaten nahe verwandt und werden oft als feldspatähnliche Mineralien bezeichnet. Sie kommen fast nur in den jüngeren Eruptivgesteinen vor und sind den kristallinischen Schiefern sowie den Sediment-Gesteinen fremd.

Nephelin, eine Kieselsäure-Verbindung mit Alkali und Tonerde von der Form $(NaK)_2Al_2Si_2O_8$ und etwa 41% Kieselsäuregehalt, sowie dem spez. Gewichte 2,55—2,61 und der Härte von 5,5, bildet farblose, weiße und graue, stark durchscheinende, meist kristallinische Varietäten, die ohne deutliche Kristallformen als „Fülle" wirken.

Das Mineral bildet einen wesentlichen Gemengteil des nach ihm benannten Nephelin- und der Basaltgesteine, sowie der Phonolithe. Als häufige Begleiter treten auf Plagioklas, Sanidin, Augit, Leucit, seltener Hornblende und Glimmer (Biotit). Als Gemengteil vortertiärer Gesteine wird Nephelin mit dem Namen Elaeolith bezeichnet; hier tritt es in stark fettglänzenden, graugrünen, bläulichgrünen und rötlichen, meist trüben und derben Varietäten auf und findet sich vorwiegend in plutonischen, dem Syenit verwandten Gesteinen und deren Porphyrbildungen.

Leucit von der chemischen Zusammensetzung $K_2Al_2Si_4O_{12}$ mit 55% Kieselsäure, besitzt die Härte 5,5—6 und ein spez. Gewicht von 2,45—2,50; seine Farbe ist graulichweiß bis aschgrau, auch gelblich- und rötlichweiß. Die sehr kleinen fast rundum ausgebildeten Kristalle zeigen Glasglanz, im Bruche Fettglanz. Leucit spielt eine wesentliche Rolle in Basalten und Laven.

Haüyn in seinen fast kalkfreien meist nicht blauen Varietäten auch Nosean[1]) genannt, stellt sich vorwiegend als eine Mischung zweier verwickelter Verbindungen von Na, Al, Kiesel- und Schwefelsäure einerseits, von Ca, Al und den beiden vorgenannten Säuren andererseits dar. Seine Härte beträgt 5—5,5, das spez. Gewicht 2,3—2,5; die Farbe ist grau, grünlich, blau und schwärzlich. Haüyn ist vorwiegend auf quarzfreie und alkalireiche jüngere Eruptivgesteine beschränkt und fast stets in den Phonoliten, Basalten und verwandten Gesteinsarten zugegen.

Melilith ist ein Gemengteil in jüngeren basischen Eruptivgesteinen, vorwiegend der Augitgruppe und den älteren sowie den kristallinischen Schiefern fremd. Die Farbe des dichten Gemenges ist gelblichweiß bis honiggelb und gelblichbraun. Die Härte beträgt 5—5,5, das spez. Gewicht liegt zwischen 2,90 und 2,95.

d) Hornblende (Amphibol) und Augit-(Pyroxen) Gruppe. Die beiden wichtigsten Gesteinsgemengteile dieser Gruppen bilden die vorgenannten Mineralien selbst; chemisch betrachtet sind sie neutrale Silikate (mit Ca, Mg, Fe, Na, K auch Tonerde). Die spez. Gewichte der hierher gehörenden wichtigen gesteinsbildenden Mineral-Varietäten beider Gruppen schwanken zwischen 2,9 und 3,5 und zwar sind die Hornblenden im allgemeinen leichter als die entsprechenden Augite. Ihre Härte liegt meist zwischen 5 und 6. Ihre Farbe ist grün und zwar von helleren Tönungen bis in's Schwarzgrün übergehend, oder bräunlich bis bräunlichschwarz. Die chemischen Analysen der Hornblende und der Augits stimmen in jeder Beziehung überein; bei beiden gibt es unter den Gesteinsbildnern sowohl tonerdefreie — in der Regel die durchsichtigen helleren Arten — als auch in reichlicher Anzahl tonerdehaltige Glieder, letztere meist dunkelgrün, braun oder schwarz und dabei undurchsichtig.

Hornblende bildet einen wesentlichen Gemengteil vieler älteren Eruptivgesteine: der gleichmäßig körnigen Hornblendegranite, der Syenite, Diorite, ferner mancher

[1]) Nach Vorgang von F. Zirkel ist in den folgenden Abschnitten die Bezeichnung Haüyn für beide Arten gewählt.

Porphyre und Porphyrite; auch in den kristallinischen Schiefern ist die Hornblende vertreten; hier bildet sie ganz oder fast allein den Hornblendeschiefer, beteiligt sich an dem Aufbau von Gneisen u. s. f. Als „basaltische Hornblende" tritt sie in grösseren, braunen Kristallen in Basalten auf.

Als sekundäres Umwandlungs-Produkt der Augits trägt sie den Namen Uralit.

In gleicher Weise sind die gesteinbildenden Augite sehr weit verbreitete Gemengteile der basischen eruptiven Felsarten wie der Diabase, Melaphyre, Basalte, ferner der kristallinischen Schiefer. Sie erscheinen teils kristallisiert, teils als kristallinische Körner oder Stengel. Wichtige Unterarten des Augits sind:

α) Omphacit, ein meist grasgrünes Mineral, das namentlich in dem Gesteine Eklogit sich findet.

β) Hypersthen, schwarz nnd schwarzlichgrün, mit metallischem Glanze auf den vollkommenen Spaltungsflächen, oft mit Farbenschiller bis in's Kirschrot ausgezeichnet, bildet einen Hauptbestandteil des Granulites.

γ) Diallag, braun, grau und schmutzig grün, dem Augit besonders nahe verwandt, ist ein wesentlicher Gemengeteil des Gabbro und findet sich weiter in olivinhaltigen Felsarten.

Als Umwandelungsprodukte der Amphibol und Pyroxengruppe, seien genannt grüne Aggregate des Chlorits von schuppiger, faseriger oder filziger Natur, sowie Serpentinbildungen; letztere führen weiter zu den ölgrünen bis silberweißen Ausbildungen von Asbest, die in der Technik ein weites Verwendungsgebiet besitzen.

e) Die Glimmergruppe. Die Glimmer sind Silikate, wesentlich von Tonerde, Kali oder Natron gebildet, vielfach auch unter Hinzutritt von Magnesia und Eisenoxydul; Wasser ist stets, Kalk fast nie vorhanden. Die nur geringe Härte (2,7—3) zeigenden, metallisch bis perlmutterartig glänzenden Glimmerplättchen sind durch ihre hervorragend große Spaltbarkeit ausgezeichnet, so daß sich die Glimmer in ungemein feine, durchsichtige, elastische Lamellen zerteilen lassen. Hierin liegt zugleich ein gutes Unterscheidungsmerkmal gegenüber den äußerlich ähnlichen Mineralien der Gruppe d[1]). Das spezifische Gewicht der einzelnen Arten schwankt zwischen 2,7 und 3,2.

Als Hauptarten sind zu unterscheiden:

1. Der dunkelfarbige Magnesiaglimmer — Biotit.
2. Der farblose oder hellgefärbte Kaliglimmer — Muskovit.

Der Biotit zeigt vorwiegend braune, daneben schwarze, grüne und graue, meist sehr dunkle Farben und findet sich in sehr vielen Felsarten, teils als accessorischer, teils als wesentlicher Gemengeteil, in letzterer Form in Graniten, Syeniten, Dioriten, Diabasen, Trachyt-Basaltgesteinen, Gneisen, Glimmerschiefern u. a. m. In Porphyren pflegt er vielfach als größere Ausscheidung von brauner Farbe aus der Grundmasse herauszutreten, bei den Schiefergesteinen nach den Strukturlinien dieser in die Länge gezogene Blättchen zu bilden.

Der Muskovit zeigt dem Biotit sehr ähnliche Formen, ist jedoch farblos oder hell gefärbt — besonders weißlich, gelblich, grünlich und rötlichweiß; hin und wieder geht er auch in rote und braune Töne über, die jedoch in der Regel nicht dunkel werden. Muscovit — selten allein ohne Biotit vorkommend — spielt eine große Rolle in den kristallinischen Schiefern, den Glimmerschiefern, Phylliten und Gneisen; in den massigen Gesteinen tritt er gegen Biotit zurück, fehlt sogar vielen von ihnen vollkommen.

[1]) Weitere Unterscheidungszeichen sind die Farbe sowie die rauhere Oberfläche der Amphibol- und Pyroxen-Mineralien.

Hingegen findet sich Muskovit in den klastischen Gesteinen, in Sandsteinen, Tonschiefern und der Grauwacke. Hin und wieder kommt der weiße Glimmer in sehr großen Kristallen vor, die technische Anwendung finden und wegen ihrer Unverbrennlichkeit einen wertvollen Glasersatz bilden.

Für die bauliche Verwendung der Gesteine bietet Glimmer, in größerer Menge und zusammenhängender Lagerung auftretend, eine wenig willkommene Beimengung, wenig angenehm wegen der Bildung von Spaltungsflächen und Abblätterungen, wegen mancher bei der Steinbearbeitung (Politur), auftretenden Schwierigkeiten, leichter Verwitterung, der Entstehung von Rostflecken bei eisenhaltigen Arten u. dergl. m.

f) Olivin. Dieses Mineral ist nach seiner chemischen Zusammensetzung eine Mischung eines neutralen Magnesiasilikates (Mg_2SiO_4) mit einem Eisenoxydulsilikate (Fe_2Sio_4), besitzt grünliche, seltener gelbe und braune Farbe, Glasglanz, und zeigt eine Härte von 6,5—7 sowie ein spezifisches Gewicht von 3,2—3,5. Der Olivin ist vielverbreitet; einerseits bildet er die nach ihm benannten Olivingesteine oder Periodite, andererseits tritt er als wesentliches Gemengteil im Basalt und Melaphyr, zudem vielfach accessorisch in anderen Felsarten auf. Bemerkenswert ist seine Umbildung zu Serpentin.

g) Chlorit und Talk stellen Mineralien geringer Härte vor, welche zum Aufbau kristallinischer Schiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer geführt haben. Chlorit hat die Härte 2—3 und ein spezifisches Gewicht von 2,65—2,97, während beim Talk die entsprechenden Zahlen 1 und 2,7—2,8 sind. Beide sind ausgezeichnet spaltbar, bilden dünne Blättchen von grüner (besonders Chlorit) und weißer Färbung (Talk).

Die dichte Abart des Talks wird Speckstein genannt.

Nach der chemischen Zusammensetzung sind Chlorit und Talk wasserhaltige Silikate; bei ersteren treten Magnesia, Tonerde, meist auch Eisen auf, bei Talk vorwiegend nur Magnesia.

Zur Gruppe des Chlorits gehört auch der Glaukonit, ein kleine, grünliche Körner bildendes, in Sandsteinen, Kalken und Mergeln — besonders der Kreide und Tertiärformation sich häufig findendes wasserhaltiges Kali-Eisen-Tonerdesilikat.

h) Kalkspat und Dolomit sind einander äußerlich sehr ähnliche, innerlich durch ihre chemische Zusammensetzung verschiedene Mineralien. Während Kalkspat aus kohlensaurem Kalk ($CaCO_3$) besteht, tritt beim normalen Dolomit noch kohlensaure Magnesia ($CaCO_3 + MgCO_3$) hinzu. Die Härte und das spezifische Gewicht betragen beim Kalkspat 3 und 2,72, beim Dolomit 3,5 – 4,5 und 2,8—2,95. Während ferner Kalkspat sehr leicht unter Bildung von CO_2 von schwachen Säuren[1]) und in kaltem Zustande zersetzt wird, leistet Dolomit hiergegen einen erheblich größeren Widerstand[2]). Kalkspat ist meist farblos, manchmal durch organische Substanzen oder Eisen grau, gelblich, auch bräunlich gefärbt. Er bildet — weitverbreitet — für sich allein oder fast allein — die verschiedenen Arten des Marmors und Kalksteins, beteiligt sich an der Zusammensetzung der Mergel, kalkhaltigen Sandsteine, Tonschiefer u. s. w. In den Eruptivgesteinen erscheint er fast stets in sekundärer Stellung, entweder durch Umsetzung entstanden, oder durch Einflüsse von außen in das Gestein einfiltriert.

Dolomit, hell gefärbt, für gewöhnlich weißlich und trüb durchscheinend, seltener klar, rot, grün oder gelb, bildet als körniges oder dichtes Mineral ebenfalls ausgedehnte Gesteinslager, in denen jedoch nur selten Normal-Dolomit allein vorhanden; meist überwiegt sogar — vergl. weiter unten „Dolomitgesteine“ — der kohlensaure Kalk erheblich.

i) Eisenkies — auch Pyrit und Schwefelkies genannt, besitzt die chemische Zusammensetzung FeS_2, stellt sich also als eine Eisen- Schwefelverbindung dar. Seine

[1]) z. B. schon von Essigsäure.

[2]) Beim Begießen mit kalten Säuren zeigt Dolomit meist nur ein ganz schwaches Aufbrausen; seine Lösung erfolgt erst nach Pulverisierung, Erwärmung und Übergießen mit Säuren.

Härte ist beträchtlich = 6, sein spezifisches Gewicht 4,9—5,2, seine Farbe we mit starkem Metallglanz, zuweilen — besonders bei beginnender Verwitterung — l

Eisenkies bildet ein accessorisches Gemengteil vieler Eruptiv- und Schicl bei den ersteren in Form kleiner gelblicher Körner, bei den letzteren in vers Kristallformen des regulären Systems erscheinend. Vom bautechnischen Standp muß Eisenkies als eine sehr unwillkommene Gesteinsbeimengung bezeichnet werd leichte Oxydierbarkeit und die hiermit verbundene Umsetzung in Brauneisenste vitriol u. dgl. bewirkt neben der Entstehung von Rostflecken auf den Geste schnell fortschreitende, erhebliche Verwitterung dieser, im besonderen der l Sedimentgesteine.

§ 2. Die Einteilung der natürlichen Gesteine.

Für die Einteilung der natürlichen Gesteine, die hier als baulic wendungsprodukte zur Besprechung gelangen, mögen geologische Rück maßgebend sein; einerseits erscheint es von nicht zu unterschätzender Wichti neueren Forschungen der geologischen Wissenschaft in Einklang zu bringen Gruppierungen und Bezeichnungen der Technik und somit die Unsicherheit zu l welche zur Zeit gerade bezüglich der Gesteinsbenennungen in der baulichen I auf dem Gebiete der Materialienprüfung besteht; andererseits wird hierdur mäßig den engen Beziehungen Rechnung getragen, welche zwischen der geologi graphischen Bestimmung und der mechanisch-technischen Untersuchung eines bestehen, Beziehungen, deren Erforschung heute allseitig als notwendig anerka und deren Kenntnis erst die Möglichkeit bieten dürfte, allgemeine Gesetze a zahlreichen Prüfungsergebnissen der natürlichen Gesteine abzuleiten. —

In Berücksichtigung der geologischen Beziehungen mögen die natürliche n 4 Hauptgruppen eingeteilt werden[1]):

I. Die massigen Erstarrungsgesteine.
II. Die kristallinischen Schiefer.
III. Die kristallinischen aber nicht klastischen Sediment
IV. Die klastischen Gesteine[2]).

---

[1]) Nach Dr. F. Zirkel, dessen Lehrbuch der Petrographie manche der weiteren A nommen sind.

[2]) Die z. Z. bei der mechan. techn. Prüfungsanstalt zu Charlottenburg übliche Gestei welche zur Klassifikation der ausgeführten Steinprüfungen dient, unterscheidet:

A. massige, ungeschichtete Gesteine
1. Granit, 2. Hornblende-Gesteine, 3. Ophiolithe, 4. Porphyre, 5. Trachytgestei gesteine.
B. geschichtete Gesteine
1. Tonschiefer, 2. Talk, 3. Kalkstein (kristallinisch), 4. Kalkstein (dicht), 5. Dolomit,
C. Konglomerate, Breccien, Tuffe.

Eine andere Einteilung empfiehlt Dr. M. Fiebelkorn in der Zeitschrift „Baumater Bd. III, S. 172:

I. Massige Gesteine
A. vortertiär
a) körnig: Granit, Syenit, Diorit (quarzfrei und quarzhaltig), Diabas, Gabbr
b) porphyrisch: Quarzporphyr, quarzfreier Porphyr, Dioritporphyr, Augitporph
c) glasig: (wenig als Bausteine verwandt).
B. tertiär und rezent
körnig und porphyrisch: Trachyt, Phonolith, Dacit, Andesit, Augitandesit, B

I. Die massigen Erstarrungsgesteine sind solche, welche in weichem oder flüssigem Zustande bei der Bildung der Erdoberfläche dem Innern entsprangen. Man unterscheidet hier zwischen den plutonischen und vulkanischen Bildungen. Die ersteren Massen stiegen auf Spalten aus dem Erdinneren empor, füllten vorhandene Hohlräume und deren Verzweigungen aus oder drangen zwischen die kristallinischen Schiefer und Sedimentärbildungen ein. Bezeichnend für diese plutonischen Bildungen ist, daß sie als solche die Erdoberfläche nicht erreichten, sondern unterirdische Lager und Gänge bildeten, die erst durch Fortnahme der sie deckenden Gesteine oder durch gebirgsbildende Lagenveränderungen uns zugänglich wurden. Es gehören demgemäß zu dieser Gesteinsbildung weder Vulkane noch vulkanische Auswurfsprodukte der verschiedenen Art. Die Bildung der Gesteine selbst gehört einer weit zurückliegenden geologischen Zeit an.

Im Gegensatze zu den plutonischen gelangten die vulkanischen Gesteine, wie diese auf Spalten vordringend, als solche bis zur Erdoberfläche. Hier bildeten sie an der Atmosphäre oder unter Wasser geflossene Ströme, Decken oder Kuppen, weshalb für sie auch der Name Erguß- oder Effusivgesteine im Gebrauch ist. Vulkane sind für diese Bildung bezeichnend.

Wenn auch die Trennung in vulkanisch und plutonisch nichts mit dem Alter der Gesteine zu tun hat, so deckt sie sich doch tatsächlich im allgemeinen mit den Altersunterschieden. Man hat, den Beginn der Tertiärzeit als Grenze wählend, deshalb den tertiären und nachtertiären — jüngeren Effusivgesteine, die älteren Eruptivgesteine gegenüber gestellt[1]).

Als baulich wichtigste Gesteine **der ersten Gruppe: der massigen Erstarrungsgesteine** sollen im besonderen besprochen werden:

1. Granit. 2. Syenit. 3. Porphyr. 4. Diorit. 5. Porphyrit. 6. Diabas. 7. Gabbro. 8. Melaphyr. 9. Olivin- und Pyroxengesteine. 10. Rhyolit (Pechstein, Bimsstein). 11. Phonolith. 12. Trachyt und Andesit. 13. Basalt und Dolerit. 14. Lava. —

II. Zu der **zweiten Hauptgruppe**, den **kristallinischen Schiefergesteinen** gehören die sehr mächtigen, kristallinischen, schieferigen, geschichteten Gesteine, welche stets fossilfrei befunden, die Unterlage der ältesten fossilführenden klastisch-sedimentären Formationen bilden und auch ältere kristallinische Schiefer oder — weil sie die erreichbar untersten Gesteinslager darstellen — Urgebirge — heißen. Neben ihnen finden sich aber auch jüngere Bildungen, welche Fossilreste der Sedimentärformation enthalten können, petrographisch sich jedoch vom Urgebirge in keinem wesentlichen Zuge unterscheiden. Diese, unter dem Namen der jüngeren kristallinischen Schiefer zusammengefaßten Bildungen sollen ebenfalls zur **Hauptgruppe II** gezählt werden. Hier werden zu behandeln sein:

1. Gneis. 2. Granulit. 3. Glimmerschiefer. 4. Phyllit. 5. Chlorit und Talkschiefer. 6. Hornblende-Gestein und -Schiefer. 7. Serpentin. 8. Eklogit.

Dolerit, Diallag-Andesit, Andesit, Tephrit, Basanit, Nephelinbasalt, Leucitbasalt, Melilithbasalt, Limburgit.

II. Archäischer Schiefer: Gneis, Glimmerschiefer, Phyllit, Granulit, Eklogit, Quarzit.

III. Kalkgesteine: Kohlenkalk, Marmor, Kalksinter, Dolomit und dolomitischer Kalk, Gips u. s. f.

IV. Talkgesteine: Talk, Serpentin.

V. Tongesteine: Tonschiefer, Schieferton.

VI. Trümmergesteine: Breccien, Konglomerate, Sandsteine, Grauwacken, vulkan. Tuffe.

Aus den oben angeführten Gründen gibt der Verfasser der im Zirkelschen Werke (Bd. I, S. 134) durchgeführten geologisch wissenschaftlichen Einteilung den Vorzug.

[1]) Auch neo- und palão-vulkanisch genannt. Von den weiter unten genannten Gesteinen gehören die ersteren 9 der letzten, die übrigen der ersten Gruppe an.

III. Zu der **dritten Hauptgruppe**, den **Sedimentgesteinen von kristallinische wenigstens nicht klastischer Beschaffenheit** sind diejenigen Gesteine zu rechnen Materialien der Sedimentformationen zwar führen, jedoch weder zur Gruppe gezählt, noch zu den reinen klastischen Gesteinen gerechnet werden können, da letzteren durch das Fehlen eines verkittenden Bindemittels grundsätzlich abwei

Die in Gruppe III vereinigten Gesteine zeigen vorwiegend kristallinische und sind in der Hauptsache im Wasser entstanden, entweder als unmittelbare aus Lösungen oder als mechanisches Sediment, das später eine Umkristallisieru Baulich wichtig sind in dieser **Gruppe III:**

1. Kalkstein. 2. Dolomit. 3. Gips (und Anhydrit). 4. Quar Quarzitschiefer und verwandte Kieselgesteine. 5. Eisengestein

IV. Die vierte Gruppe führt den Namen: **Klastische Gesteine.** Hierunter s Bildungen zu verstehen, welche vorzugsweise aus den Trümmern bereits vorhand arten gebildet sind — und daher auch „regenerierte Gesteine" genannt wer scharfkantig gebliebenen oder abgerollten Gesteinsbruchstücke schwanken in ihre sungen sehr erheblich, man findet in ihnen z. B. Blöcke vom Inhalte eines Kul erbsengroße Bruchstücke, staubförmige Mineralfragmente. Alle diese Teile sin ein Bindemittel, welches die Eigenart der klastischen Gesteine l verkittet. Bisweilen ist das Bindemittel soweit vorherrschend, daß die Gest stücke darin nur spärlich zerstreut erscheinen, bald tritt es soweit zurück, daß zu erkennen ist, und man glauben könnte ein kristallinisches Gebilde vor sich

Als Anhang zu den klastischen Gesteinen sind auch noch jen zu besprechen, welche sich als Rückstände der Verwitterung vorwiegend qua und felsspatreicher Gesteine darstellen, besonders Quarzsand und Ton. Die sich zum Teil an ihren Entstehungsstellen vor, zum Teil sind sie durch Abschläm anderen Orten zur Ablagerung gebracht. Als Gesteinsarten und Umwandelungs werden in **Gruppe IV klastische Gesteine** zu behandeln sein:

1. Konglomerate uud Breccien. 2. Tuffe. 3. Tonschiefer und S ton. 4. Sandstein. 5. Grauwacke. 6. Kaolin, Ton, Lehm, Ton 7. Quarzsand. 8. Garten- und Dammerde.

---

§ 3. Die baulich wichtigsten Eigenschaften der natürlichen G

1. Das spezifische Gewicht. Dasselbe gibt bekanntlich das Gewic lumeneinheit eines Körpers an. Wird wie üblich als Einheit das Gewicht der Volu Wasser = 1 gesetzt und als Volumen- und Gewichtseinheit das Kubikdezimete gramm eingeführt[2]), so ergeben sich die spezifischen Gewichte der meiste

[1]) Die kristallinische Form dürften zwar nach Zirkel manche Gesteine erst durch di eines ursprünglich klastischen Materials erlangt haben, z. B. die Kalksteine und Quarzite.

[2]) Alsdann ist also das spezifische Gewicht identisch mit der Dichtigkeit des Körp findet bekanntlich ihren Ausdruck in der Gleichung: $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0}$ worin γ das Gewicht der Vo des Körpers (= dem spez. Gewicht) γ_0 die gleiche Größe eines Vergleichskörpers bezeichn letzteren Wasser von $+4^\circ$ C. gewählt, und die oben angegebene Volumen und Gewichtseinhe so wird $\gamma_0 = 1$, d. h.: $\delta = \gamma$, die Dichtigkeit = dem spez. Gewichte. Würde man — wie in vielfach üblich mit cbm und kg rechnen, so würde sich ergeben: $\delta = \frac{\gamma}{1000}$ oder $\gamma = 1000\ \delta$. Körpern wird das Raumgewicht einschließlich der Poren erheblich hinter dem spezifischen kompakten Masse zurückbleiben. Einen Rückschluß auf die Porosität des Gesteins gestat den Abschnitt „Prüfungen der natürlichen Gesteine" — das Verhältnis beider Maße.

verwandten Felsarten zwischen den Grenzen von 2—3; nur wenige — besonders poröse Gesteine liegen unter diesen Werten, nicht viele überschreiten sie, und zwar vorwiegend Olivin-, Pyroxen- und Amphibol-Gesteine. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß die an Quarz reichen Gesteine die leichteren, die an Alkalien, alkalischen Erden, Metalloxyden — also Basen reichen die schwereren sind. Genauere Angaben über die für ein einzelnes Material selbst noch oft in größeren Zwischenräumen liegenden spezifischen Gewichte der natürlichen Gesteine und Erden gibt die nachstehende Tabelle; in ihr sind vorwiegend Mittelwerte[1]) berücksichtigt.

Tabelle der spezifischen Gewichte der baulich wichtigen natürlichen Gesteine und Erden.

(Nach dem Alphabet geordnet.)

Andesit 2,7.
Asbest 2,5.
Asphalt i. M. 1,15.
Basalt 2,8—3,3, i. M. 2,9. — Lava 2,4.
Bimsstein 0,37—0,9.
Bimsstein gepulvert 2,4.
Bimssteintuff 1,25.
Diabas i. M. 2,9.
Diorit i. M. 2,9.
Dolerit i. M. 2,8.
Dolomit i. M. 2,9.
Erde[2]), Garten- oder lehmhaltige, frisch 2,0.
Erde, trocken 1,6.
Erde, mager 1,3.
Felsitporphyr 2,2—2,8.
Gabbro i. M. 2,95.
Glimmerschiefer i. M. 2,7.
Gneis i. M. 2,65.
Granit 2,55—3,0.
Granulit 2,6.
Grauwacke 2,6.
Gipsstein 1,8—2,9, i. M. 2,3.
Hornblendegestein 2,95.
Kalkstein 1,5—3,0, i. M. 2,6.
  Kalkmergel 2,5.
  Kreide 1,8—2,6.
  Marmor 2,5—2,9.
Kaolin 2,2.
Kies 1,5—1,8.
Konglomerate i. M. 2,2.
Kreide 1,8—2,6.
Lava 0,7—2,6, i. M. 2,15.
Marmor 2,5—2,9.
Melaphyr 2,7.
Mergel, erdig 2,3.
Mergel, dicht 2,5.
Obsidian 2,4.
Olivingesteine 3,4.
Pechstein 2,25.
Phonolith 2,6.
Phyllit 2,95.
Porphyr (Quarzporphyr) 2,5.
Porphyrit 1,6—2,8.
Quarzfels 2,7.
Quarzporphyr 2,5.
Rhyolith i. M. 2,55.
Sand, fein trocken 1,4—1,6.
Sand, fein feucht 1,9—2,0.
Sand, grob 1,4—1,5.
Sandstein 1,9—2,7, i. M. 2,2.
  Buntsandstein 2,4—2,6.
  Grauwackensandstein 2,5—2,8.
  Jurasandstein 2,2—2,4.
  Kohlensandstein 2,6—2,9.
  Quadersandstein i. M. 2,2.
Schiefer
  Chloritschiefer 2,9.
  Dachschiefer 2,65.
  Glimmerschiefer i. M. 2,7.
  Kieselschiefer 2,6—2,9.
  Talkschiefer 2,8.
  Tonglimmerschiefer, Tonschiefer } 2,7—3,5.
Serpentin 2,6.
Speckstein 2,7.
Syenit 2,5—3,0, i. M. 2,6.
Ton 1,8—2,6, i. M. 2,2.
Tonglimmerschiefer, Tonschiefer } 2,7—3,5.
Torf 0,5—0,7.
Trachyt 2,7.
Tuffe
  Leucittuff 1,5.
  Felsittuff, Porphyrtuff } 1,8—22.

[1]) Unter einem Mittelwert ist hier selbstverständlich nicht das arithmetische Mittel aus einer größeren Anzahl von Wägungen zu verstehen, sondern der am häufigsten vorkommende Wert, der sich zur Verwendung bei überschläglichen Berechnungen empfiehlt.

[2]) In fest gestampftem Zustande.

2. Die Struktur der Gesteine. Unter „Struktur" versteht man die Form, in welcher die einzelnen Elemente eines Gesteines in diesem aneinande sind. Zweckmäßig werden bei der vorliegenden Bearbeitung die Strukturverhält kristallinischen von denen der klastischen Gesteine geschieden.

Die Ausbildung einer kristallinischen Felsart kann zunächst sein, makro-, und krypto-kristallinisch, je nachdem die einzelnen Kristalle mehr als 1 m messer aufweisen, sich noch gerade mit unbewaffnetem Auge erkennen lassen, durch das Mikroskop festgestellt werden können.

Die Struktur selbst kann sein:

a) gleichmäßig körnig, wenn alle Gesteinselemente annähernd gleich nach allen Richtungen gleich stark entwickelt sind. Je nach der Korngröße unte man: grobkörnig (mehr als erbsengroß), mittel-, klein- und feinkörnig.

b) dicht. Die einzelnen Mineralelemente sind als solche ohne Vergröße nicht mehr erkennbar, sondern bilden eine gleichartig erscheinende Masse.

c) richtungslos. In der Lage und Verteilung der Mineralteile ist kein mäßigkeit der Anordnung nach irgend einer Richtung zu bemerken; die einzelnen sind nach allen möglichen Richtungen mit- und durcheinander verwachsen.

d) schiefrig — auch plan-parallel genannt. Gewisse Gesteins liegen alle in zueinander parallelen Ebenen; nach diesen Ebenen läßt sich das infolgedessen sehr viel leichter als nach anderen Richtungen zerteilen — es besitz flächen. Eine Abart der schiefrigen Struktur ist die schuppig-schiefr welcher das Gestein zum Teil aus kurzen, dünnen, parallel liegenden Blättchen zu gesetzt ist; besteht das Gestein gänzlich aus derartigen Blättchen, so nennt m Struktur „schuppig".

e) porphyrisch. Aus einer dichten Grundmasse heben sich einzelne Kristalle oder Einsprengungen heraus.

f) oolitisch, vorwiegend auf Kalksteine und Eisenerze beschränkt. Das besteht aus einzelnen hirse- bis erbsengroßen Kügelchen, welche entweder kon oder radial-faserig angeordnet sind.

g) Mandelsteinartige Struktur. Im Gesteine treten längliche, oft artig geformte Hohlräume auf, welche ganz oder zum Teil mit fremden Miner gefüllt sind.

Bei der zweiten Gruppe, den Trümmergesteinen, zeigen sich als ver Arten der Struktur:

a) die Trümmerstruktur im Gegensatze zu der

b) Sandstein- und

c) Schlammstruktur.

Unter der ersten versteht man eine Struktur, bei welchen die von „K schlossenen Gesteinstrümmer zum mindesten Haselnußgröße besitzen. Sind die F scharfkantig und eckig so spricht man von Breccien und Breccienstrukt sie abgerundet von Konglomeraten und konglomeratischer Struktur

Die Sandsteinstruktur, durch kleinere Gesteinstrümmer ausgezeichnet, Schlammstruktur über, wenn die einzelnen Trümmer nicht mehr mit unbewaffne unterschieden werden können.

Ein Gestein kann ferner sein kompakt oder porös, je nachdem es oder mit Unterbrechungen ausgebildet ist. Nach der Form der Poren (und wände) unterscheidet man bei porösen Felsarten: Zellige, blasige, schlackige, sch schaumige Struktur u. dergl.

3. Die Porosität der Gesteine. Diese ist von großer Wichtigkeit für die Wasseraufnahme, Luftdurchlässigkeit, sowie die Wärmeleitung. Die Art, auf welche die Größe der Porosität und die hierdurch bedingte Wasseraufsaugung der Gesteine durch Versuche festgestellt wird, ist in dem Kapitel: „Prüfung der natürlichen Bausteine“ ausführlich besprochen.

Die Luftdurchlässigkeit wächst mit der Porengröße, der weniger oder mehr gegen einander verschränkten Lage dieser und der Trockenheit des Steines.

Unter der Bruchfeuchtigkeit eines Gesteines versteht man das in den Poren des Gesteines an seiner natürlichen Lagerstätte sich ansammelnde Wasser, welches sich erst allmählich nach Brechen des Steines durch mehrmonatliches Austrocknen dieses — allerdings nicht völlig — verliert. Viele Steine, besonders Kalksteine, Sandsteine mit kalkigem Bindemittel, Serpentin u. a. zeigen die Eigenschaft, daß sie sich in bruchfeuchtem Zustande leicht, in ausgetrocknetem viel schwerer bearbeiten lassen; es hat dies seinen Grund zum Teil darin, daß das Porenwasser mit gelöstem kohlensaurem Kalke gesättigt ist und dieser sich beim Austrocknen des Steines in dessen Innerem absetzt; aus dem gleichen Grunde ist es auch erklärlich, daß viele bruchfeuchte Steine im Mittel nur etwa $^2/_3$ von der im ausgetrockneten Zustande vorhandenen Tragfähigkeit besitzen. Da nun weiter bei einem bruchfeucht vermauerten Steine die Feuchtigkeit sich allmählich nach seiner unteren Lagerfläche hinzieht, hier aber in der Regel die stärkste Beanspruchung stattfindet, so ist ersichtlich, daß gerade hier eine Überlastung eintreten kann, im besonderen, wenn etwa noch eine Frostwirkung hinzutritt; hierzu kommt, daß wegen des hohen Wassergehalts der Stein seine Eigenschaft als natürlicher Luftleiter verliert und ein Feuchtbleiben des umbauten Raumes bedingt. Es ist deshalb unbedingt notwendig, bruchfeuchte Steine von der baulichen Verwendung auszuschließen.

Die Porositätsziffern der wichtigeren Bausteine — nach Versuchen von Hauenschild und Lang — sind, in Prozenten des Trockengewichts dargestellt, aus der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Porositätsziffern.

1. Basalt 1,28.
2. Dachschiefer:
   - rheinischer 0,15.
   - französischer 0,045.
   - englischer 0,110.
3. Diabas-Breccie 0,18.
4. Diorit 0,25.
5. Granit 0,04—0,61.
6. Marmor
   - v. Carrara (bianco chiaro) 0,22.
   - v. Schlanders 0,59.
   - v. Untersberg 0,27.
7. Porphyr 0,29—2,75.
8. Sandstein
   - vom Solling 6,9.
   - Nebraer- 25,5.
   - Keuper- 16,94.
   - Welschhufer Quader- 15,4.
9. Serpentin 0,56.
10. Sollinger Kalktuff 32,2.
11. Syenit 1,38.
12. Trachyt-Tuff 25,07.

4. Die Wärmeleitungsfähigkeit der Gesteine. Diese nimmt mit wachsender Porosität ab; ein sehr poröser Stein ist ein schlechter, ein vollkommen kompakter Stein ein guter Wärmeleiter, eine Eigenschaft, welche für die Verwendung der natürlichen Steine im Wohnungsbau von erheblicher Bedeutung ist[1]). Das Wärmeleitungsvermögen ist bei den baulich wichtigen, kristallinischen oder eng verkitteten Gesteinen

[1]) Wohnungen mit Basaltmauern geben z. B. im Sommer warme, im Winter kalte Räume, da die Außen- und Innen-Temperaturen sich bei der guten Wärmeleitung des sehr dichten Materials leicht ausgleichen.

im allgemeinen nicht sehr verschieden, dabei aber erheblich größer als dasje Schiefergesteine und Erden[1]); so haben Versuche gezeigt, daß das Wärmeleit mögen von Granit, Marmor, Sandstein, Melaphyr, Basalt u. s. w. zu dem von To und ferner von Ton sich verhält wie: 7,5 bis 7,0 : 4,7 : 2,8.

Bei annähernd gleichartig zusammengesetzten Gesteinen ist die Formän durch Kälte und Wärme eine gleichmäßige, bei verschieden großen oder ver artigen Gemengteilen eines Gesteins jedoch ungleichmäßig; schroffe und große Ten wechsel können hier nicht selten die Zerstörung des Steines im Gefolge haben

Bei den Temperatur-Größen und -Änderungen unseres Klimas wird man jed annehmen können, daß die Formänderungen den sie bedingenden Temperaturen tional sind und daß die auftretenden Deformationen eine nur ganz unwesentlich keitsverringerung eines guten Materials zur Folge haben. Die Tragfähigkeitsverm sowie eine Lockerung des Gesteins durch Temperatureinflüsse sucht die technisch suchung durch Frostproben zu ergründen.

Einige Ausdehnungskoeffizienten geben die nachfolgenden Zahlen:

Granit 0,0008—0,0009
Marmor 0,00065—0,0011
Sandstein 0,0009—0,0012
Thonschiefer 0,00104.

5. Die Farbe der Gesteine ist entweder durch die chemische Zusamm und die hierdurch bedingte Färbung der ursprünglichen Mineralien oder dur dere, färbende, accessorische Bestandteile des Minerals oder Gesteines bedingt. letzteren sind es besonders Eisen, Mangan und Chrom, welche als Färbemittel und für gewöhnlich eine gelbe, rötliche, braune, violette, schwarze (Eisen) — b violette und rote (Mangan) oder eine grüne, gelbe, rote (Chrom) Färbung der hervorrufen; neben ihnen treten als Farbspender Nickel, Kobalt, Kupfer, Graphit u. a. m. auf.

Unter Einwirkung der Atmosphärilien sind die Gesteinsfärbungun viel änderungen unterworfen; einerseits findet und zwar oft bei organischen Farbst Verbleichen statt, andererseits werden die Farben im Laufe der Zeiten dunkler, bzw. auch bunter. Im besonderen wirken Eisenverbindungen durch eintreten Oxydationsstufen auf die Färbung der Gesteine ein, bald, wie z. B. bei den r Buntsandsteinen, die Farbenschönheit erhöhend, ohne hierbei merkliche Zers scheinungen zu zeitigen, bald einen raschen Verfall des Steins (wie z. B. bei man Jurakalken) einleitend.

Unter dem Strich eines Minerals oder Gesteins versteht man die Far sich beim Einritzen auf seiner Oberfläche oder beim Abreiben eines Versuchsst einer unglasierten Porzellanplatte auf dieser bildet. In der Regel ist der St gefärbt als die Versuchsprobe.

6. Die Politurfähigkeit eines Gesteines ist abhängig von seinen Mine teilen und seiner Struktur. Durch eine Politur wird die Intensität der Geste

---

[1]) Ein genaueres Eingehen auf diese Frage dürfte bei der vorliegenden, bauliche dienenden Bearbeitung zu weit führen. Es sei nur noch beiläufig erwähnt, daß die Fortp Wärme bei den einfachen, gemengten, dichten und gleichkörnigen Gesteinen nach allen Ric gleichmäßig erfolgt; bei Schiefergesteinen pflegt sich die Wärme nur in der Schieferungse mäßig zu verbreiten, in den hierzu ⊥ Richtungen sich jedoch weniger leicht fortzupflanze nur mit der $^1/_6$—$^1/_2$fachen Intensität.

[2]) Bei dem Abschnitte „Gewinnung der Steine" wird hervorgehoben, daß man von schaft auch künstlich zur Abtrennung von Felsblöcken Gebrauch machen kann.

vergrößert und durch den Schluß der Poren ein oft wirksamer Schutz gegen Verwitterungseinflüsse gebildet. Am besten lassen sich im allgemeinen diejenigen Gesteinsarten polieren, welche aus gleichartigen und annähernd gleich harten Mineralelementen zusammengesetzt sind; als leicht polierbare Mineralien sind zu bezeichnen: Quarz, Kalkspat, Feldspat, als schwieriger Augit, Hornblende, als schwer zu polieren die Glimmerarten[1]).

Gut polieren lassen sich von baulich verwendeten Gesteinen: die meisten Marmorarten, Granite, Syenite, Porphyre, Diabase, Diorite, Serpentin, Alabaster u. s. w.; im allgemeinen nicht politurfähig sind: Sandsteine, Tonsteine, tonhaltige Kalksteine, Trachyte, Lava und Tuffbildungen. —

7. Die Festigkeitsverhältnisse der natürlichen Gesteine sowie die hiermit eng zusammenhängenden Fragen der Wetter- und Frostbeständigkeit, der Abnutzbarkeit u. s. f. sind ausführlich in dem Kapitel: „Die Prüfung der natürlichen Gesteine" behandelt. Bei der Besprechung der einzelnen Felsarten sollen jedoch die durch Versuche festgestellten Festigkeitszahlen im Zusammenhange mit den sonstigen Gesteinseigenschaften bereits zur Mitteilung gelangen.

8. Die Dauerhaftigkeit und Verwitterung der Gesteine. Im allgemeinen kann man sagen, daß je schwerer, homogener, feinkörniger und porenärmer ein Gestein ist, desto besser es auch den gewöhnlichen Verwitterungseinflüssen widersteht. Wichtig für die Frage der Dauerhaftigkeit ist sowohl die chemische Zusammensetzung als auch die physikalische Beschaffenheit des Gesteines. Während in ersterer Beziehung eine molekulare Umbildung, meist unter Fortführung der leicht löslichen Substanzen eintritt, wird in zweiter Richtung eine Lockerung des Zusammenhanges der kleinsten Gemengteile in Frage kommen. Im allgemeinen bewirkt die chemische Veränderung leichter eine Verwitterung des Gesteins als die physikalische. Da Quarz, Alkalifeldspat, Pyroxen und Amphibol einer chemischen Zerstörung erheblichen Widerstand entgegensetzen, so werden die Gesteine, welche jene Mineralien als Hauptgemengteile aufweisen, als besonders dauerhaft gelten können[2]). In physikalischer Beziehung wichtig ist die Lage und Größe der Poren; wenig günstiges Verhalten zeigen hier Gesteine mit kleinen in ein und derselben Richtung sich erstreckenden Poren, da bei ihnen die Frosteinwirkungen auf die einzelnen Moleküle sich in ein und derselben Richtung addieren sich also nicht zum Teil gegenseitig aufheben, wie solches bei zerstreut liegenden Poren eintritt; ähnliches gilt von Gesteinen reich an Glimmer — besonders dessen weicheren Arten.

Von erheblichem Einflusse auf die Verwitterung der Gesteine sind die Atmosphärilien. Durch den Sauerstoff der Luft finden Oxydationen der metallischen Bestandteile der Mineralien statt; inwieweit diese bei eisenschüssigen Gesteinen, sowie bei Vorhandensein von Eisenkies zerstörend einwirken können, ist bereits auf Seite 14 kurz besprochen. Die hier eintretenden Veränderungen können sowohl eine Farben- wie eine Volumenänderung bedingen und unter Mitwirkung des Wassers die Verwitterung eines Gesteins einleiten; insbesondere kann sich auf den eisenhaltigen Steinen eine erdige Kruste von Eisenoxydhydrat bilden, die vom Regen fortgespült, sich dauernd erneuert und schließlich eine Abblätterung der Oberfläche zur Folge hat, während bei Eisenkies dessen Umsetzung in Eisenvitriol und schwefelsaures Eisenoxyd Ausblühungen und den Zerfall des Gesteines verursacht; in Frage kommen hier besonders manche Marmorarten, Diorite, Granite, Sandsteine, Schiefer u. s. w.

[1]) In einem polierten Gesteine sind die Glimmerstellen daran zu erkennen, daß sie bei schräg auffallendem Lichte als streifig, runzelig, vertieft etc. erscheinen.

[2]) Also: Quarzite. Grauwacke, quarzreicher Granit, Quarzporphyre, Syenite und Diorite.

Nicht minder verderblicher ist die Einwirkung von Kohlensäure un auf viele — besonders kalkhaltige Gesteine, bei denen eine allmähliche Lösung sauren Kalkes bewirkt wird; im besonderen kommen hier oolitische Kalke i saurem Kalk in erdiger Form als Bindemittel, sowie kalkfeldspathaltige Felsa manche Porphyre, Basalte, Trachyte, Melaphyre) in Frage.

Bei Sandsteinen ist für die Dauer vorwiegend das Bindemittel maß zwar sowohl bezüglich seiner Art als auch seiner Menge; vor allem sind es steine mit vorherrschendem mergeligem oder tonigem Bindemittel, bei deren V Vorsicht geboten erscheint; nebenbei spricht auch hier die Struktur und Pore

Begünstigt werden alle diese zerstörenden Wirkungen durch die Einflüsse peraturschwankungen; daß diese jedoch für sich allein, falls keine erhebli bei der Gesteinsauswahl und -Verwendung gemacht wurden, abgesehen von wirkung des in den Steinporen gefrierenden Wassers, nicht zu Verwitterunge störungen führen, erscheint — wie schon auf Seite 14 erwähnt — in unse erwiesen; im allgemeinen halten hier gute Steine die durch Temperaturdifl ihrem Inneren auftretenden Druck- und Zugspannungen ohne dauernde Formän

Von Wichtigkeit für den Bestand eines Gesteins ist ferner sein Verh seine Oberfläche überziehende, pflanzliche Organismen; einerseits wird das Eindringen der Wurzeln eine mechanische Zerstörung der Steinoberfläc andererseits wirkt die sich bildende Humussäure chemisch lösend auf mancl teile des Gesteines ein. Besonders gefährdet sind auch hier wiederum die l Gesteine. —

Von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit sind auch geologische nisse. Auf der einen Seite kann ein sonst gutes Material durch Verwerfung S mit weniger festem Mineral ausgefüllte Adern oder dergl. erhalten, welche das zerstörender Wirkungen begünstigen; andererseits können sonst weniger dauer rialien (z. B. Mergel und tonhaltige Gesteine) durch den Gebirgsdruck so ge daß sie sich als vollkommen wetterbeständig erzeigen.

In Frage kommen weiter klimatische Verhältnisse; ein Stein, d sich gut bewährt, kann — wie die Erfahrung gezeigt — im gemäßigten Klima dauernden Temperaturschwankungen und Frostwirkungen leicht der Verwitter fallen; er kann sich ferner aus gleichem Grunde an der Südfront eines Ba ter halten als an der nach Norden gerichteten Seite u. a. m. Im besonder von manchen südlichen Marmorarten, die bei uns im Freien ihre Farbe ver werden, erhebliche Einbuße an Härte und Widerstandsfähigkeit erleiden und bröckeln.

Von Wichtigkeit ist ferner die Verwendungsart und -Stelle des S gesehen davon, daß die Natur des Steines es verlangt, daß dieser in der Lage verwendet werde, die er im Bruche eingenommen, kommen hier manche Sor punkte in Frage: Kalk und Dolomit z. B. verwittern schnell in der, von Kohlenga Luft größerer Industriestädte, poröse Gesteine verhalten sich bei Wasserbau an der Grenze des häufigen Wasserwechsels u. s. w.

Beeinflußt wird ferner der Bestand eines Steines durch die sogen. Ausb d. h. Ausscheidungen von Glaubersalz, schwefelsaurer Magnesia, Kali- und K schwefelsauerm Kalk u. a. m., hervorgerufen durch Eindringen säurehaltigen die Steinporen, Lösung der Mineralien hierselbst und späterer Auswitter standenen Salze. Unter Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit tritt diese Auswitte

eine allmähliche Zerstörung der Steinoberfläche herbeiführen kann, vorwiegend in den unteren Schichten auf.

Daß die Dauerhaftigkeit eines Gesteines durch Polieren seiner Oberfläche vergrößert werden kann, ist auf Seite 15 bereits erwähnt; auf andere — künstliche — Erhaltungsmittel wird bei Besprechung der Prüfung der Gesteine des näheren eingegangen werden.

9. Gesteinsübergänge. Eine deutliche Grenze zwischen den verschiedenen Arten der Gesteine ist vielfach nicht zu erkennen, da sowohl die Massen- als auch die Trümmergesteine eine große Anzahl der verschiedensten Übergänge aufweisen. Letztere finden sowohl unter den einzelnen Arten bezw. Gesteinsgruppen, als auch in der Berührung von kristallinischen und klastischen Felsarten statt.

Eine Veränderung der kristallinischen Gesteine kann auf sehr verschiedene Weise bedingt sein; vorwiegend sind als Möglichkeiten zu nennen: Der Hinzutritt eines neuen Bestandteiles, das vermehrte Auftreten, Fehlen oder das teilweise Verschwinden eines solchen, die Veränderung der Korngröße und der Struktur, im besonderen die Übergänge zwischen dichter, körniger, porphyrischer und schiefriger Bildung.

In ähnlicher Weise zeigen die klastischen Felsarten Veränderungen in bezug auf ihre mineralogische Zusammensetzung, die Form ihrer Trümmerteile (Übergang von Breccien in Konglomerate, von Sand- in Schlammstruktur u. s. f. und umgekehrt), die Art und Menge des Bindemittels, Dichtheit und Porosität, das Vorherrschen von sonst accessorischen Gemengteilen u. a. m.

Als Kontaktwirkungen der kristallinischen gegenüber den klastischen Gesteinen sind vorwiegend Tuffbildungen zu nennen, welche einen Übergang eruptiver Massengesteine in klastische darstellen, während nicht selten klastische Gebilde in naher Berührung mit Eruptiv-Gesteinen in kristallinische Form übergehen; so kann z. B. Kreide in Kontakt mit Basalt zu Marmor umgewandelt werden.

Aus den obigen Darlegungen erhellt einerseits, wie außerordentlich schwierig es für den Techniker ist, ein natürliches Stein-Material ohne Hilfe des Geologen richtig zu bestimmen; andererseits aber zeigt sich, wie wichtig mit Rücksicht auf die bauliche Verwendung eine petrographisch genaue Bezeichnung des Materials ist, da ein Steinbruch einschließlich seiner Übergänge sehr verschiedenartiges Material aufweisen kann, dem ganz verschiedene chemische und physikalische Eigenschaften zugehören können. Auch für das technische Prüfungswesen folgt hieraus die Forderung scharfer wissenschaftlicher Bezeichnung der Gesteinsprobe, um die Untersuchungsresultate, — soweit dies angängig — auf bestimmte Steingruppen verallgemeinern und Gesetzmäßigkeiten aufdecken zu können.

Kapitel II.

Die baulich wichtigen natürlichen Gesteine.

§ 4. Die massigen Erstarrungsgesteine.

1. Der Granit. Granit ist ein fein- bis grobkörniges, gemengt-kristallinisches Gestein, das keinerlei Schichtung aufweist. Seine Hauptbestandteile sind: Feldspat, Quarz und Glimmer. Die beiden ersten sind kristallinisch eng miteinander verwachsen und bilden die Grundmasse, aus welcher die Glimmerplättchen deutlich hervortreten. Der meist rauhe, grau oder weiß gefärbte, durch seinen Fettglanz, muscheligen Bruch und seine körnige Beschaffenheit ausgezeichnete Quarz bedingt neben der Struktur vorwiegend die Härte, Festigkeit und Beständigkeit des Gesteines. Der Feldspat, meist Orthoklas, häufig aber

auch Oligoklas, gibt dem Gesteine seine Farbe; er ist weiß, grau, gelb, fleichfarben, rot oder grünlich und leicht an seinen meist tafelförmigen, undurchsichtigen, glasglänzenden Kristallen zu erkennen.

Die in Schuppenform auftretenden Glimmerplättchen sind für gewöhnlich weiß oder grau, seltener schwarz oder grün, und leicht an dem metallischen Glanze sowie der Struktur von den anderen Bestandteilen zu unterscheiden. Je nach der Natur des Glimmers unterscheidet man 3 Hauptarten:

1. Den Biotitgranit — auch Granitit genannt — mit dunklem Magnesiaglimmer und keinem oder nur Spuren von Kaliglimmer, die verbreitetste Granitart.

2. Den Muskovitgranit, ein Gemenge aus Kalifeldspat, Quarz und Muskovit mit beschränktem Vorkommen.

3. Den Zweiglimmergranit, beide Glimmerarten als wesentlichen Gemengteil enthaltend — ziemlich verbreitet.

Tritt an Stelle von Glimmer Hornblende so entsteht: 4. Hornblendegranit, auch Amphibol- oder Syenitgranit genannt, mit einer Zusammensetzung aus Feldspat, Quarz und Hornblende. Eine Abart desselben unter Hinzutritt von Glimmer bildet der Hornblendebiotitgranit, wie er im Odenwalde, als sogen. Syenitgranit bei Meißen und anderen Stellen mehr gebrochen wird[1]).

Außer diesen 4 Hauptgranitgruppen sind noch erwähnungswert:

a) Der Turmalingranit, aus Orthoklas, Quarz und Turmalin[2]) bestehend, welch letzteres Material also die Rolle des Glimmers bezw. der Hornblende spielt.

b) Aplit oder Halbgranit (Granitel), ein Granit, bei welchem der Glimmer — meist silberglänzender oder etwas grünlicher Muskovit — sehr zurücktritt, und der demgemäß fast nur aus Quarz und Feldspat zu bestehen pflegt. Vorkommen u. a. im Schwarzwald, Odenwald, in den Vogesen; Druckfestigkeit i. M. 1800 kg/qcm.

c) Protogingranit, ein weit verbreiteter Granit der Alpen, daher auch Alpengranit genannt, ausgezeichnet durch den Hinzutritt eines hellgrünen, glimmerartigen Minerals chloritischer Natur und die hierdurch bedingte Neigung zu schiefrigem Gefüge.

d) Greisen, — wahrscheinlich ein Umwandelungsprodukt des Granits, — ein körniges, graues, feldspatfreies Gestein, das vorwiegend aus hellgrauem Quarz und grauem bis ölgrünem Glimmer besteht.

Lokal kommen auch porphyrische sowie schiefrige Ausbildungen des Granits vor, erstere mehr durch größere Feldspatkristalle als Quarze hervorgerufen, letztere insbesondere an den Rändern größerer Granitmassen auftretend, und oft fälschlich als Gneise (oder Gneisgranite) bezeichnet.

Ein aus großen, bisweilen sehr groß ausgebildeten Hauptgemengteilen des Granites — (Kalifeldspat, Quarz und weißem Kaliglimmer) — bestehendes Gestein führt den Namen Pegmatit, sowohl als Ausscheidung, als auch in Spaltenausfüllungen des Granitgebirges (oder anderer Gesteinsarten) auftretend. Neben schwarzem Turmalin, der Säulen bis Armstärke bilden kann, finden sich hier vorwiegend die selteneren Erden der Thorit- und Monazitgruppe.

Als accessorische Bestandteile der Granite sind hervorhebenswert: Apatit, Zirkon, Eisenkies (hellgelbe, metallglänzende Einsprengungen), Flußspat, Granat, seltener Magnet- und Kupferkies u. a. m.

Die Güte des Granits als Baumaterial hängt ab sowohl von seiner Korn-

[1]) Auch der im Altertum berühmte Syenit von Ägypten (Assuan) ist ein Hornblendebiotitgranit

[2]) Ein samtschwarzes undurchsichtiges Mineral, wahrscheinlich ein granitisches Umbildungsprodukt. Härte 7—7,5. Spez. Gewicht 2,9—3,25.

größe als auch von seiner Zusammensetzung. Am besten haben sich diejenigen Arten bewährt, welche mit hohem Quarz- und niedrigem Glimmergehalt eine mittelfeine Körnung verbinden. Aus gesunden Lagen entnommen, ist das Gestein sehr wetterbeständig; es läßt sich gut, aber nicht leicht polieren[1]), ist schwer bearbeitbar und gestattet, hierbei leicht ausspringend, keine feinen Profilierungen. Es sollten deshalb Granitprofile stets einfach und kräftig gehalten werden.

Die Härte des Granits schwankt zwischen 6 und 8, sein spezifisches Gewicht zwischen 2,5 und 3,05. Der kubische Ausdehnungskoeffizient beträgt 0,000026. Die Farbe des Gesteines ist weiß, weiß und schwarz, gelblich, rötlich, rot, seltener braun und grün.

Eine gelblich rostige Farbe des Granits, besonders der Glimmerplättchen, deutet in der Regel auf eine beginnende oder bereits eingetretene Verwitterung hin; letztere bezeichnen ferner — zwar nur mikroskopisch sichtbare — Risse, welche im besonderen die Frostbeständigkeit des Gesteines erheblich vermindern, sowie die Wasseraufnahmefähigkeit des Gesteines vergrössern[2]).

Als Zersetzungsprodukte sind zu nennen, lockerer gelbbrauner Kies, Kaolin und gewöhnlicher Ton.

Die Festigkeit des Granits ist je nach seiner Zusammensetzung und seinen Fundstätten erheblichen Schwankungen unterworfen. Im allgemeinen kann man als Mittel-, Kleinst-, und Größtwerte[3]) die nachfolgenden annehmen:

	Mittelwert	Kleinstwert	Größtwert
1. Druckfestigkeit:	1600 kg/qcm	450 kg/qcm	2400—3000 kg/qcm
2. Zugfestigkeit:	30 „	20 „	45 „
3. Biegungsfestigkeit:	140 „	75 „	210 „
4. Scherfestigkeit:	80 „	25 „	130 „

Es ist also im Mittel die Zugfestigkeit etwa $^1/_{53}$, die Scherfestigkeit $^1/_{20}$, die Biegungsfestigkeit $^1/_{12}$ der Druckfestigkeit. Im übrigen sind nachfolgend bei den Fundstellen noch einige besondere Festigkeitszahlen mitgeteilt.

Der Granit ist ein massiges Gestein, das vorwiegend in stockförmigen Massen und Gängen vorkommt, keine Spur einer eigentlichen Schichtung, jedoch sehr oft eine bankförmige Absonderung zeigt. Da hierdurch das Gestein von Natur aus in mehr oder weniger dicke Platten geteilt ist, welche zwischen den einzelnen geneigten oder horizontalen Klüften liegen, so bietet in der Regel der Granitabbau keine allzu großen Schwierigkeiten.

Der Granit gehört zu den meist verbreiteten Eruptivgesteinen. Als wichtigere, für deutsche Verhältnisse in Frage kommende Fundstellen seien hervorgehoben:

[1]) Im besonderen lassen sich die glimmerarmen Arten gut polieren. Bei viel Glimmer bleiben wegen der geringeren Härte dieses Materials stets Vertiefungen an den glimmerhaltigen Stellen übrig, welche nachher mit Speckstein oder venetianschem Talk auspoliert und so gefüllt werden können. Hierdurch erhält der Stein einen silberglänzenden Anflug, während die Glimmerschuppen grau werden.

[2]) Über die Porosität der Granite wurden von Lang und Hauenschild Versuche angestellt. Aus diesen ergibt sich, daß die Porosität in Prozenten des Trockengewichtes ausgedrückt, bei gutem Material zwischen 0,04 (Gotthard-Granit) und 0,61 schwankt. Als Mittelwerte dürften sich empfehlen für feinkörnige Granite 0,06, für grobkörnige 0,45.

[3]) Eine tabellarische Zusammenstellung der bisher für die verschiedensten Granite von den Prüfungs-Stellen ermittelten Festigkeitsverhältnisse ist hier — wie bei den nachfolgenden Besprechungen der Gesteinsarten (ausgenommen die Sandsteine) — nicht gegeben. Einerseits sind die ermittelten Resultate nur für die gerade vorliegenden Proben maßgebend, andererseits werden bei größeren Steinlieferungen und wichtigen Bauten stets die Steine einer nochmaligen Prüfung zu unterwerfen sein, da sogar derselbe Steinbruch sehr verschieden festes Material liefern kann. Das gleiche gilt auch von den weiterhin mitgeteilten einzelnen Festigkeitszahlen.

a) In Schlesien. Die grauen, mittelkörnigen Biotitgranite aus der Gegend von Striegau, Strehlen, Fischbach, Oberstreit, Arnsdorf und Königstein bei Görlitz, Jauer (brauner Granit) u. s. f. Ihre Druckfestigkeit liegt zwischen 900 und 1300 kg/qcm.

b) Im Königreich Sachsen. Hauptfundorte sind: 1. Die Lausitz, im besonderen die Gegend von Bautzen. Hier findet sich ein lichtblauer, mittelkörniger Biotitgranit von 1200—2000 kg/qcm Druckfestigkeit. 2. Meißen a. d. Elbe, ein lichtroter, grobkörniger, glimmerarmer, quarzreicher Biotitgranit. Druckfestigkeit: 1700—2000 kg/qcm ferner Wurzen K[1] = 2578 kg/qcm, Weißtropp bei Dresden, K = 2544 kg/qcm u. a. m. 3. Im Erzgebirge, vorwiegend die Gegenden: Oberschlema, Schreiersgrün, Kirchberg-Saupersdorf (blaßrot), Lauterbach, Geier (K = 2477 kg/qcm), Aue, Schneeberg, Schwarzenberg u. a. m. Das hier gebrochene Material ist ein Biotitgranit von meist weißgrauer Farbe und selten großer, meist mittlerer Druckfestigkeit.

c) Im Fichtelgebirge. Hier finden sich zahlreiche Brüche am Schneeberge, Ochsenkopf, Waldstein, Epprechtsstein, an der Rosseine u. s. f., in denen das mittel- bis grobkörnige Material, ein Zweiglimmergranit von hellgrauer (Schneeberg), bläulicher (von Gefrees und vom Waldstein K = 1580 kg/qcm) oder gelblicher Farbe (vom Waldstein) bzw. ein kleinkörniger, schwarz und weiß gesprenkelter Hornblendebiotitgranit[2] (von Arzberg, Wölsau, Körbersdorf, Redwitz, Leitenburg u. a. m.) gebrochen wird. Die Druckfestigkeit dieses Materials schwankt im allgemeinen zwischen 1000 und 1600 kg/qcm.

d) Im Odenwalde. Hier findet sich sowohl ein porphyrischer, mittelkörniger, blaßroter und glimmerarmer Biotitgranit (bei Borstein, Wachenberg, an der Bergstraße Hambach u. s. f.), als auch ein Hornblendebiotitgranit von scharfer schwarz und weißer Zeichnung und mittlerer Körnung (am Felsberge, daher Felsberggranit). Die Druckfestigkeit dieser Steine ist eine große; so liefert z. B. Hambach an der Bergstraße einen roten Granit von rd. 2000 kg/qcm Druckfestigkeit.

e) Im Schwarzwalde. In den Brüchen bei Kappel, Oberkirch-Trieberg, Waldshut, Gernsbach (grauer, schwarz-weiß-rot gesprengelter Granit) u. a. O. werden die rötlichen, grünlichen oder weißlichen und grauen, mittel- bis grobkörnigen Granite gebrochen. Die sich z. T. durch größere Feldspatkristalle auszeichnenden Materialien zeigen Druckfestigkeiten zwischen rund 1200 und 2170 kg/qcm; dem letzteren Werte nahe stehen besonders die bei Waldshut gebrochenen Steine.

f) Im Harz und in Thüringen finden sich Gewinnungstellen vorwiegend am Brocken, der Roßtrappe, dem Ziegenrücken bezw. bei Ruhla, Brotterode (roter Granit) Zella, Suhl (K = 1838 kg/qcm) u. s. f.

g) In Bayern, besonders im bayerischen Walde, finden sich eine größere Anzahl bekannterer Granitbrüche, so bei Nabburg, Wiesau, Blauberg bei Cham (Blauberggranit), Kulm, Hauzenberg, sowie in der Passauer Gegend (Vilshofen, Fürstenstein, Neuhaus, Metten, Schärding an der österr. Grenze) u. s. w. Das hierselbst gebrochene, hellfarbige, graue, blaue bis sehr dunkelgraue Material zeichnet sich durch seine große Druckfestigkeit aus, die bis zu 2200 kg/qcm geht (Vilshofen) und im Mittel etwa 1500 bis 1800 kg/qcm beträgt.

h) Als Einzelfundstätten in Deutschland sind noch zu erwähnen:

Albersweiler in der Rheinpfalz, durch seinen feinkörnigen, harten und besonders zähen Granitsteinschlag bekannt, sowie die Granitbrüche in den Vogesen, in denen ein graues und grünes Material von etwa 700 kg/qcm Druckfestigkeit gewonnen wird.

[1] K = Druckfestigkeit.

[2] In der Schleifindustrie führen diese Syenitgranite des Fichtelgebirges fälschlich den Namen Syenit.

Endlich ist das Vorkommen des Granites in Form erratischer Blöcke oder Findlinge in Oberbayern, Mitteldeutschland, der norddeutschen Tiefebene u. s. f. erwähnenswert.

Als außerhalb Deutschlands liegende Granitgebiete seien genannt:

Schweden und Norwegen.

Bekanntere Fundstellen sind:

a) in Schweden: Karlskrona, Vanevik, Virbo, Saltvik, Upsala, Karlshamm, die Insel Molmö, Halmstadt, Hunnebostrand, Lysekil, Grafversfors, Mannewik, Ramnus u. s. f.

b) in Norwegen: der Idefjord zwischen Fredrikstadt und Fredrikshold, der Drammensfjord, die Gegend von Fevig, Kristianssand u. a. O.

Diese Granite sind meist farbenprächtig, vorwiegend rot, zum Teil hochrot und mit durch größere Feldspatkristalle bewirkter, porphyrähnlicher Struktur; der Virbo-Saltvig und Fevig-Granit, zeigt z. T. rötlichblaue und graurote oder heller rötliche Färbung; ähnlich der Vanewik und Grafverfors-Granit mit blauem Quarz; der Lysekil-Granit ist ausgezeichnet durch die gelblich-grüne Farbe eines Teiles seiner Feldspate u. s. f. Die Druckfestigkeit der skandinavischen Granite ist sehr groß und liegt in der Regel bei 2000 kg/qcm, erreicht aber vielfach 2400—2600 kg/qcm. Zu den skandinavischen Gesteinen dürfte geologisch auch der blaugraue oder rötliche Granit von der Insel Bornholm mit einer Druckfestigkeit von etwa 2300 kg/qcm zu zählen sein.

Von den sehr zahlreichen österreichischen Fundstätten von Granit seien genannt: Schärding unweit Passau, Mauthausen bei Linz, Einsiedel und Petersburg in Böhmen, Gmünd in Niederösterreich, Karlsbad, Reichenberg, Friedeberg in Schlesien u. s. w.

Als Vertreter der Schweizer Granite sei der grobkörnige Protogingranit vom St. Gotthard erwähnt, der bei Wasen gebrochen, ein weißes, grüngeflecktes (Chloritschuppen) Material von etwa 800 kg/qcm Druckfestigkeit liefert.

Als bekanntere ausländische Arten sind weiter zu nennen: der Baveno-Granit, von Baveno am Lago maggiore stammend, blaßrosa bis weißlich gefärbt, sowie der im Altertume besonders viel verwandte Granit aus Ober-Ägypten (fälschlich Syenit genannt), der in der Gegend zwischen dem ersten Nilkatarakt und Assuan (Syene) gebrochen, von ziegelroter Farbe, sowie grobkörniger, manchmal porphyrischer Struktur, als ein Hornblendebiotitgranit bestimmt worden ist.

Vielfach wird in der baulichen Praxis der Name Granit für Gesteine gebraucht, die nur in ihrem Äusseren dem Granit ähnlich, in ihrer Zusammensetzung aber nichts mit ihm zu tun haben. Als derartige häufiger zu findende — und allzu leicht zu Mißverständnissen führende Bezeichungen seien erwähnt:

a) Schwarze schwedische Granite, in Wahrheit Diabase und Diorite, aus dem südlichen Schweden,

b) belgische Granite — schwarze Kalksteine (Marmorarten) aus dem Hennegau und der Provinz Namur,

c) grüner schwedischer Granit — wohl richtiger ein dunkel gelblichgrüner, grobkörniger Pyroxengneis, der in unmittelbarer Nähe von Varberg und Uddevalla an der Süd-West-Küste von Schweden gebrochen wird. —

Die Verwendung der Granite ist eine fast unbeschränkte. Im Hochbau als Fundament-Mauer- und Dekorationsstein, zu Verkleidungen, Säulen, Gesimsen u. s. w., sowie zu Treppenstufen, zu Steinmetzarbeiten aller Art u. s. f. verwandt, im Brückenbau zu Gewölben und Pfeilern, im Fluß- und Hafenbau zu Mauern und Uferbefestigungen aller Arten benützt, im Eisenbahn- und Straßenbau als Schottermaterial. Packlage, Pflasterstein, als Material für Trottoirplatten, Abweis- und Geländersteine u. s. w. hochgeschätzt,

findet Granit die allgemeinste bauliche Verwendung. Begünstigt wird letztere in Deutschland durch das vielfache Auftreten eines guten und dauerhaften Materials, das nur in Norddeutschland (abgesehen von den Findlingen) fehlt; hier konnten demgemäß schwedische und norwegische Granite — obwohl sie meist gutem deutschen Material nicht nennenswert überlegen — sich einen Teil des Marktes erobern, im besonderen als Pflastersteine[1]); zudem werden auch farbenprächtige, gut polierbare Granite aus Skandinavien als Dekorationssteine in Deutschland vielfach verwendet.

Über einige Einzelheiten der baulichen Verwendung gibt das Kapitel: „Die hauptsächlichsten Verwendungsarten der natürlichen Gesteine" Auskunft.

2. Syenit. Syenit — ein dem Granit ähnliches, aber bei weitem nicht so weit verbreitetes Gestein wie dieser — zeigt in normaler Zusammensetzung als Hauptgemengteile Alkali-Feldspat und Hornblende. Quarz fehlt im Unterschiede zum Granit ganz oder ist nur in geringen Mengen als unwesentlicher Bestandteil vorhanden. Als accessorische Beimengungen kommen Schwefelkies, Magneteisen, Zirkon[2]), Titanit[3]) u. a. m. vor.

Der meist vorherrschende und die körnige Grundmasse bildende Feldspat ist für gewöhnlich Orthoklas, bisweilen Plagioklas; neben diesem findet sich vielfach auch Natronkalkfeldspat. Seine Farbe ist meist rötlich, braunrot oder graurot, seltener weiß. Die in dieser Grundmasse regellos eingebetteten, kurzen, faserigen Hornblendesäulen sind von schwärzlichgrüner bis schwarzer, seltener brauner Farbe. Die Struktur des Gesteines ist für gewöhnlich mittel- bis grob-, weniger oft feinkörnig.

An Stelle der Hornblende können treten: schwarzgrauer Magnesiaglimmer oder Augit bezw. Diallag. Hiernach pflegt man drei verschiedene Syenitgruppen zu bilden:

1. Hornblendesyenit oder eigentlicher Syenit, das normale, am meisten vorkommende Material. Seine Hauptgemengteile sind: Alkali-Feldspat und Amphibol (Hornblende).

2. Glimmersyenit — Biotitsyenit aus Alkalifeldspat und Biotit gebildet.

3. Augitsyenit oder Pyroxensyenit, auch Monzonit genannt, eine Vereinigung von Alkalifeldspat und Augit (oder Diallag). Als weitere, weniger wichtige Abarten sind zu nennen:

Porphyrsyenit, nicht zu verwechseln mit Syenitporphyr, zu erkennen durch mehr oder weniger deutlich ausgebildete Feldspatkristalle, welche in dem fein- oder mittelkörnigen Syenitgestein, das jedoch nicht als homogene Grundmasse auftritt, verwachsen sind.

Zirkonsyenit mit größeren Mengen von Zirkon.

Elaeolythsyenit, gebildet aus Feldspat, Nephelin (Elaeolith) in Verbindung mit Hornblende, Augit, Glimmer.

Als Übergänge sind bemerkenswert bei Aufnahme von Quarz — Syenitgranit, durch das Auftreten porphyrischen Gefüges — Syenitporphyr, infolge des Überhandnehmens von Hornblende — Hornblendefels und Hornblende-Schiefer u. a. m.

---

[1]) Vergl. hierzu die Arbeit von Gary im Zentralblatte der Bauverwaltung vom Jahre 1890, S. 53. Hierin weist Gary an der Hand umfassender Gesteins-Prüfungen nach, daß die skandinavischen Granitsteine den deutschen kaum überlegen sind, ein Ergebnis, das weiteste Verbreitung verdient.

[2]) Das Mineral-Zirkon erscheint hier meist in der Form brauner Kristalle; chemisch ist es eine Zirkon-Kieselsäureverbindung.

[3]) Das Mineral Titanit zeigt sich für gewöhnlich in gelblichen oder bräunlichen, stark glänzenden Kristallen, vielfach aber auch als mikroskopischer Gemengteil. Chemisch ist es titan- und kieselsaurer Kalk.

Die Farbe des Gesteines ist dunkelgrün, graurot, seltener schwarzgrün, grau und blau; sie richtet sich in ihrer mehr oder weniger dunklen Schattierung nach der Färbung der Hornblende; Syenit ist weicher aber zäher als Granit und läßt sich sehr gut polieren. Seine Wetterbeständigkeit ist sehr bedeutend, die Bearbeitungsmöglichkeit des regellos kristallinischen Gesteines nicht allzu schwer, wenn nicht gerade durch eine Parallelstruktur der Hornblendesäulen „eine Gesteinsverstreckung" eingetreten ist. Das spezifische Gewicht liegt zwischen 2,5 und 3,06, die Härte zwischen 7 und 8, der Porositätskoeffizient beträgt etwa 1,3 %.

Die Druckfestigkeit guter Syenite beläuft sich im Mittel zu 1300—1400 kg/qcm, steigt bei besonders guten Arten bis 2500 und geht bei weicherem Material bis auf etwa 800 kg/qcm zurück. Als Schubfestigkeit wird im Mittel 165 kg/qcm angegeben. Einige genauere Einzelangaben sind weiter unten bei den Fundorten mitgeteilt. —

Das in stark zerklüfteten Bergmassen und in Stockform vorkommende Gestein ist häufig von Granitgängen durchzogen und von kristallinischen Schiefern und Kalksteinen umschlossen. Als für deutsche Verhältnisse wichtigere Fundstätten seien erwähnt:

a) in Deutschland:

1. Im Königreich Sachsen: Der Plauensche Grund bei Dresden — ein dunkel- bis braunroter Hornblendesyenit von großer Druckfestigkeit —, die Gegend von Meißen, in größerer Ausdehnung auf beiden Elbseiten ein zum Teil porphyrischer, zum Teil augithaltiger Syenit, rot bis weißlich gefärbt und von einer Druckfestigkeit bis 2540 kg/qcm; Riesa — ein hellgrauer bis graugrüner Pyroxensyenit, K = rd. 2000 kg/qcm —, Moritzburg — ein Glimmersyenit, Strehla — K = 2223 kg/qcm — ferner im Erzgebirge bei Zschopau u. s. f.

2. Im Fichtelgebirge bei Wölßau, bei Redwitz (K = 1545 kg/qcm) — bei Körbersdorf unweit Wunsiedel u. s. f., meist Hornblendesyenite mit 1400—2100 kg/qcm Druckfestigkeit.

3. Im Thüringer Walde im Zuge der Bahnlinie Ilmenau—Suhl (ein Porphyrsyenit mit rötlicher Färbung).

4. In West- und Süddeutschland: die Gegend von Aschaffenburg (Dörmorsbach K = 1880 kg/qcm), Reichenbach, Eberstadt (K = 1900—2100 kg/qcm), an der Bergstraße, Auerbach und Weinheim im Odenwalde (Hornblendesyenit, K = 1230—1620 kg/qcm), Oberfischbach, Bezirk Bonndorf (K = 1550—1700 kg/qcm) und Waldshut im Schwarzwald (K = 2100—2340 kg/qcm), Wiesen in Oberfranken (K = 1610—1720 kg/qcm), der bayerische Wald (Syenit mit Parallel-Lagerung der Orthoklaskristalle, in Platten gebrochen), die Gegend von Passau, die Vogesen u. a. m.

Von ausländischen Syeniten erscheinen hervorhebenswert die fleischroten Syenite im Norden von Kristiania, sowie die prächtigen, zu Dekorationszwecken sehr beliebten Syenite aus dem südöstlichen Norwegen, im besonderen aus der Gegend des Langesundfjordes. Das fälschlich in der Technik mit dem Namen Norwegischer (auch schwedischer) Labrador bezeichnete Gestein ist ein mittlerer und grobkörniger Augitsyenit aus Natronorthoklas und schwarzgrünem Augit bestehend. Das Gestein ist durch ein prächtiges, vorwiegend ins Blaue gehendes Farbenspiel seiner parallel liegenden Feldspate vor allen anderen Syeniten ausgezeichnet. Mit seiner Farbenschönheit verbindet es große Festigkeit, Beständigkeit und Politurfähigkeit.

Als unrichtige — vielfach übliche — Bezeichnungen der Technik seien erwähnt:

a) Schwedischer Syenit — in Wahrheit ein mittelkörniger, grün oder weiß gesprenkelter Diabas aus der Gegend von Karlshamm u. s. w.

b) Odenwald Syenit — vielfach ein grün und weißer Diorit aus den inneren Teilen des Odenwaldes.

c) Lausitzer Syenit — richtig ein grün und weiß gesprenkelter, oft auch feinkörniger und dann schwarz gefärbter Diabas, der in der Gegend von Spremberg—Neusalza gebrochen wird.

d) Der Ägyptische Syenit des Altertums — aus der Gegend von Assuan (Syene) — wie auf Seite 21 bereits hervorgehoben, ein Hornblendebiotitgranit.

Die Verwendung des Syenites ist der des Granits sehr ähnlich. Als Monumental- und Dekorationsstein ist Syenit wegen seiner schöneren Färbungen und seiner größeren Wetterbeständigkeit gegenüber dem Granit sogar im Vorzug; seine allgemeine Anwendung wird jedoch durch sein nicht sehr häufiges Vorkommen eingeschränkt. Aus dem gleichen Grunde ist auch die Verwendung des Gesteines zu Ingenieurbauten aller Art, im besonderen zu Schotter und Pflaster eine vorwiegend mehr oder weniger lokale.

3. Porphyre. Unter Porphyren werden kristallinisch gemengte Gesteine verstanden, bei denen aus einer dichten, gleichartigen, mikroskopischen Grundmasse einzelne Einsprengungen — Kristall- oder Mineralkörner deutlich zutage treten. Im Gegensatze zu den Porphyriten, bei denen der Feldspat Plagioklas ist, tritt hier hauptsächlich Orthoklas auf. Die Porphyre durchsetzen die älteren Eruptivgesteine in Gängen, sich bald vielfach stark verästelnd, bald isolierte Kuppen oder Stöcke bildend, oder auch als bankartige Ablagerungen andere Gebirgsschichten überdeckend.

Als baulich wichtige Hauptarten sind zu unterscheiden: a) der Quarzporphyr, b) der Granitporphyr, c) der Syenitporphyr.

a) Der Quarzporphyr, vielfach nur Porphyr genannt, ist ein dem Granit chemisch gleich gebildetes Gestein. Dasselbe besteht aus einer dicht erscheinenden Grundmasse granitischer Zusammensetzung, aus welcher Kristalle oder kristallinische Körner von Quarz und Orthoklas heraustreten, begleitet in der Regel von unwesentlichen Mengen von Plagioklas, Glimmer, Hornblende und Augit. Die Grundmasse hat meist eine weiße, rötliche, graue, hellbraune bis rote Farbe; die Orthoklaskirstalle sind entweder farblos oder hell- bis dunkelrot gefärbt und durch stark glänzende Spaltungsflächen ausgezeichnet; Quarz tritt in grauweißen bis rauchgrauen Körnern oder Kristallen von Hirse- bis Erbsengröße auf, während Glimmer sowie die Amphibol- und Pyroxenmineralien fast stets dunkelbraungrün bis schwarz gefärbt erscheinen.

Die Farbe des Gesteines selbst ist vorwiegend rot und rötlich mit Abstufungen nach weiß und braun, seltener grau, grünlich oder schwärzlich, und durch die sehr verschiedenen Verhältnisse von Grundmasse und Einsprengungen, sowie die Größe der letzteren, bedingt.

Als besondere Abarten des Gesteines sind solche zu nennen, bei denen sich kein Quarz als Ausscheidung zeigt und bei denen solcher deutlich hervortritt. Zu der ersten Art gehört der in der Technik vielfach als roter Porphyr bezeichnete Felsitporphyr, während die eigentlichen Quarzporphyre zur zweiten Gruppe zu zählen sind[1]).

---

[1]) Ferner dient die Grundmasse und zwar vorwiegend deren Aussehen und ihre Härte als Unterscheidungsmerkmal. Hiernach sind besonders benannt:

a) Hornsteinporphyre. Die dichte, splitterige Masse ist so hart, daß sie von Bergkristall kaum geritzt wird und am Stahl starke Funken gibt.

Andere Unterscheidungsweisen benennen das Gestein nach dem Auftreten besonderer Mineralien, wie z. B. Pyroxen-Quarzporphyr beim Auftreten von Hornblende, Glimmer-Quarzporphyr, bei Vorhandensein von Glimmer u. s. w.

Die drusigen oder porösen Quarzporphyre — welche von unregelmäßig gestalteten, mehr oder weniger großen Poren durchzogen sind, pflegen Mühlsteinporphyre (wegen ihrer öfteren Verwendung hierzu) genannt zu werden.

Als in der Technik gebräuchliche, jedoch nicht richtige Bezeichnungen seien erwähnt:

Schwarzer Porphyr, meist ein Melaphyr, sowie Grünstein- oder Labradorporphyr, für gewöhnlich ein Porphyrit. —

Das spezifische Gewicht des normalen Quarzporphyrs schwankt zwischen 2,4 und 2,8; die Porositätszahl beträgt im Mittel 0,65%; die Zähigkeit, Dauerhaftigkeit und Druckfestigkeit ist eine meist sehr große. Letztere schwankt bei frischem Material und guten Lagen zwischen 1500 und 3000 kg/qcm und kann im Mittel zu etwa 1800 kg/qcm angenommen werden.

Das Vorkommen des Quarzporphyrs in Deutschland ist ein ziemlich verbreitetes. Als Hauptfundorte sind zu nennen:

In erster Linie das Königreich Sachsen und hier zwar die weitere Umgebung von Chemnitz, in der ein grau-violettes bis matt fleischfarbenes Material von großer Festigkeit (bis 3000 kg/qcm) gebrochen wird, alsdann die Gegend östlich von Leipzig bis zur Mulde, woselbst sich ein klein- bis mittelkörniger, schwarzgrüner bis grünlichgrauer, lokal auch braunrot gefärbter Pyroxenquarzporphyr von 2000—2500 kg/qcm Druckfestigkeit vorfindet; die Hohburger Berge nördlich von Wurzen (hier wird Glimmerquarzporphyr von rötlichgrauer Farbe und K = 2460—2740 kg/qcm gebrochen), die Gegend von Grimma (rötlich-violettes Gestein), Augustusburg, Meißen, Rochlitz (mit stark porphyrischer Ausscheidung), sowie Kamenz (K = 2300 kg/qcm), Dona bei Mügeln u. a. m. Ferner finden sich baulich viel verwendete Quarzporphyre am Westabhange des Odenwaldes (z. B. Dossenheim K = 1560 kg/qcm, Ziegelhausen bei Heidelberg, rot, K = 1700, grau, K = 2300 kg/qcm); im Thüringer Walde in der Gegend von Suhl, Ruhla, Schleusingen (K = 1300—2000 kg/qcm); am Westabhange des Schwarzwaldes (K = 1500 kg/qcm); im Harz (z. B. Elbingerode, dunkles Material, K = 2400 kg/qcm, Goslar K = 1035 kg/qcm); in der Gegend von Halle (z. B. bei Landsberg, K = 2177 kg/qcm, Petersberg K = 2432 kg/qcm); im Rheinlande (bei Rothenburg a. d. Ruhr, Kreuznach, Neuenkirchen u. a. O.); in Schlesien (zwischen Dittersbach und Glatz, sowie bei Goldberg und Schönau) u. s. w.

Als außerdeutsche Fundstellen sind hervorhebenswert:

Südtirol, besonders die Bozener Gegend, woselbst ein rötlicher bis graubrauner Quarzporphyr von K = 2000 kg/qcm gebrochen wird; ferner in Schweden die Gegend

---

β) Feldsteinporphyre. Die Grundmasse ist nicht ganz so hart wie bei α, zeigt einen matten und unebenen Bruch und ist weniger gleichartig.

γ) Tonsteinporphyr und Tonporphyr. Die Grundmasse ist rauh, weniger fest bis locker und erdig, riecht beim Anhauchen mehr oder weniger stark nach Ton und dürfte durch Zersetzung des Feldspats erweicht sein.

Da jedoch die Grundmasse von α weder Hornstein, noch die von γ Ton ist, so erscheinen diese Bezeichnungen geeignet, Verwirrung hervorzubringen; zudem sind auch die einzelnen Arten nicht scharf voneinander zu trennen.

Eine bessere, von der Technik bisher jedoch nicht angenommene Unterscheidung durch die Grundmasse trennt Quarzporphyre mit kristallkörniger Grundmasse (Granophyre) von solchen mit dichter felsitischer (Felsophyre) und glasiger Grundmasse (Vitrophyre).

von Elfdalen, Fundstätte eines roten, schön polierbaren und als Dekorationsstein viel verwandten Felsitporphyrs, ferner Süd-Norwegen und zwar die Gegend von Kristiania, durch ein Material mit brauner Grundmasse und hellroten Feldspatkristallen ausgezeichnet, schließlich Ägypten mit seinen aus alter Zeit berühmten Porphyrbrüchen im Niltal.

Seine Verwendung findet Quarzporphyr in erster Linie als Schotter- und Pflastermaterial; hierfür ist im besonderen die Zähigkeit, Wetterbeständigkeit und Härte des Gesteines sowie der Umstand günstig, daß es sich vielfach leicht in Würfelform spalten läßt. In zweiter Linie, aber keineswegs untergeordnet, steht die Verwendung des Quarzporphyrs als Baustein zur Aufführung von Grund- und Sockelmauern, zur Herstellung von Säulen, Gesimsen, Treppenstufen, Denkmälern, Innendekorationen aller Art, sowie zu den verschiedensten Wasser- und Brückenbauten.

Mit dem Namen Felsitfels wird eine, in geologischer wie chemischer Beziehung sich eng an die Quarz- und Felsitporphyre anschließendes, dichtes Gestein bezeichnet, welches nur aus der Grundmasse der vorgenannten Felsarten besteht, also vorwiegend ein völlig kristallinisches Gemenge von Quarz und Feldspat ist. Gänge dieses, baulich weniger wichtigen Gesteines finden sich bei Tharandt und Dippoldiswalde in Sachsen, bei Neustadt und im Münstertale im Schwarzwalde, wahrscheinlich auch in Schlesien.

b) Granitporphyr. In bezug auf seine Struktur steht dies Gestein zwischen Granit und Quarzporphyr, da seine Grundmasse einerseits dichter als die der Granite, andererseits aber grobkörniger gestaltet ist als beim Quarzporphyr. Aus dieser rötlich, bräunlich oder grünlich, meist nicht sehr dunkel gefärbten Grundmasse, die sich als eine Vereinigung von Quarz und Feldspat darstellt, treten eine Anzahl Mineralien deutlich heraus, unter ihnen vielfach vorwiegend größere Kristalle von Orthoklas von ziegel- oder fleischroter bezw. grauer Färbung, daneben Quarz, kleinere Mengen hell oder grün gefärbten Plagioklases und Biotit bezw. Pyroxen oder Amphibol.

Die fast nur in Form von Gängen- und Spaltenausfüllungen auftretenden Granitporphyre sind nur wenig verbreitet. Sie finden sich vorwiegend im Königreich Sachsen in der Gegend zwischen Wurzen und Trebsen (meist durch Augitchlorit grünlich gefärbtes Gestein mit rötlichem Orthoklas und weißem Plagioklas und größter Druckfestigkeit), ferner südlich von Beucha und Brandis bei Leipzig (ein grünlichgrauer oder rötlicher Pyroxen-Granitporphyr mit bis 3 cm langen, weißen, grünlichen oder blaßroten Feldspaten) — ferner im oberen östlichen Erzgebirge in der Gegend von Dippoldiswalde, Frauenstein, Geising (braunes, durch Chloritbeimengungen oft dunkelgrüngefärbtes, quarzreiches Gestein mit großen, fleisch- bis ziegelroten Orthoklaskristallen).

Einzelne weitere Fundstellen liegen in Thüringen bei Liebenstein, bei Winterberg im Böhmerwald, im Odenwalde, in den Vogesen u. a. O.

Das in seinen physikalischen und baulichen Eigenschaften dem Granit sehr nahe stehende, wetter- und infolge Mangels von Eisenkies auch farbenbeständige, höchst feste, polierbare Gestein findet in erster Linie eine Benutzung als Baustein und zwar als guter Mauer- und Werkstein zu Treppenstufen, Fensterbänken, als geschliffener und polierter Dekorationsstein, und wird weiter als geschätztes, dem Quarzporphyr nahe kommendes Schotter- und Pflastermaterial an vielen Orten verwandt.

c) Syenitporphyr. Aus der Porphyrgrundmasse treten die beiden Hauptgemengteile des Syenits: Orthoklas und ein Glied der Mineralgruppe, Hornblende, Augit, Biotit, in größeren deutlich wahrnehmbaren Ausscheidungen heraus. Die fast stets kristallinische Grundmasse besteht größtenteils aus Feldspat. Je nachdem neben Orthoklas eines der oben genannten drei Mineralien makroskopisch vorhanden, werden unterschieden:

α) Hornblendesyenitporphyr.
β) Augitsyenitporphyr.
γ) Biotitsyenitporphyr.

Die in Verbindung mit den Syeniten vorkommenden Gesteine haben baulich nur geringe und vorwiegend lokale Bedeutung, sie finden sich in Deutschland mit grünlich-grauer oder rötlicher bis rotbrauner Grundmasse, hellen Feldspaten (rötlich, grünlich, gelblich, weißlich) und dunkel gefärbtem eisenhaltigen Biotit, Augit oder Hornblende, fast nur in den Vogesen und an wenigen Stellen des südlichen Schwarzwaldes.

Tritt der Kalifeldspat nur als Teil der Grundmasse auf und beschränken sich die Ausscheidungen allein auf Biotit, Augit oder Hornblende, so entstehen Gesteine, die man bei alleinigem Auftreten von Biotit als Minette, bei Vorherrschen von Augit oder Hornblende mit dem Namen Vogesit bezeichnet hat. Auch diese, nur an wenigen Stellen Deutschlands, in den Reichslanden, dem Odenwalde, dem sächsichen Erzgebirge und einzelnen anderen Punkten in schmalen Gängen vorkommenden Gesteine haben keine erhebliche technische Bedeutung und finden nur geringe bauliche Verwendung.

4. Diorit. (Hornblendegrünstein.) Diorit ist ein innig kristallinisches Gemenge von schwärzlich grüner Hornblende, die Körner und Nadeln bildet, und von weißgelblichem oder grünlichem Plagioklas, der als Oligoklas oder Andesit auftritt. Die vorherrschende, auf ihren Spaltflächen stark glasglänzende Hornblende, bedingt die dunkle Färbung des Gesteines. Als weniger wichtige Gemengteile treten auf: Augit (vielfach in hellroten Körnern), Glimmer (Glimmerdiorit), Chlorit und Quarz (selten, Quarzdiorit); als accessorisch ist fast stets vorhanden Schwefelkies von metallisch gelber Färbung, wegen seiner leichten Umsetzung gefährlich für die Wetterbeständigkeit des Gesteines.

Die Struktur des Normaldiorit ist fein- bis grobkörnig; daneben kommen auch vollkommen dichte Massen — Dioritgranite — sowie porphyrische Ausbildungen vor — Dioritporphyre. Letztere, vielfach glimmerhaltig, zeigen eine einheitlich geflossene Grundmasse, aus welcher hellgrüner Oligaklas und Hornblende deutlich wahrnehmbar heraustreten. Auch findet sich, durch Parallellagerung der Hornblendesäulen hervorgerufen, eine schiefrige Struktur.

Fälschlich wird — im besonderen in der Schleifindustrie — das Gestein oft als Syenit bezeichnet. Auch die in der baulichen Praxis vielfach übliche Benennung Grünstein, die sich zugleich auf Diabase erstreckt, gibt zu Verwechselungen Anlaß. Das meist schwarzgrün, also recht dunkel gefärbte Gestein hat ein spezifisches Gewicht von 2,8—3,0, eine Härte von 5—6, nimmt bei einem Porositätskoeffizienten = 0,25 i. M. sehr wenig Wasser auf, und ist, wenn wenig Schwefelkies vorhanden, ein sehr wetterbeständiges Material; es läßt sich schwer aber gut und sehr dauerhaft polieren. Seine Festigkeitsverhältnisse sind ähnlich wie die des Granits; für die Druckfestigkeit eines guten Diorits können 2000 kg/qcm, (Größwerte etwa 2800 kg/qcm), für die Zugfestigkeit 50 kg/qcm, für die Scherfestigkeit etwa 90 kg/qcm als Mittelwerte angeführt werden.

Das nicht sehr verbreitete Gestein findet sich sowohl in Geschieben und Rollstücken als in der Form von Gängen und Stöcken.

Als Hauptfundorte in Deutschland sind zu nennen: das Fichtelgebirge, vorwiegend finden sich hier große erratische Dioritblöcke (z. B. am Ochsenkopf, K = 1900 bis 2080 kg/qcm); in Sachsen die Lausitz, im Harz die Roßtrappe, die Gegend von Aschersleben, Werningerode, sowie der Kyffhäuser, die nördlichen Ausläufer des Odenwaldes unmittelbar bei Aschaffenburg, in der Pfalz Steinbach (K = 1580—1750 kg/qcm), Rammelsbach und Cusel (1220—1570 kg/qcm), in Thüringen die Orte Ruhla, Ilmenau,

Liebenstein, Brotterode, die Gegend von Spießberg unweit von Friedrichroda u. s. w. Ferner findet sich Diorit im Spessart (Schweinheim, K = 2000 kg/qcm), am Roßkopf bei Baden-Baden, bei Neustadt und Freiburg (K = 1860—2650 kg/qcm) im südlichen Schwarzwalde, in Haiger bei Dillenburg, Niederohmen in Oberhessen (K = 1534 kg/qcm), in Boppard a. Rh., St. Wendel a. d. Nahe u. a. O.

Seine Verwendung findet Diorit vorwiegend als Schotter- und Pflastermaterial (wenn plattenförmig brechend auch zu Trottoirplatten); in zweiter Linie im Hochbau zu Quadern, Säulen, Sockeln, sowie poliert als Dekorationsstein; nicht minder wird Diorit im Wasser- und Brückenbau geschätzt.

Als Straßenbaumaterial steht Diorit dem Granit sehr nahe, übertrifft ihn sogar vielfach; besonders gut bewährt haben sich hierfür die grobkörnigen sowie die porphyrischen Arten, während die dichten weniger Bedeutung als Straßenbefestigungsmaterial erlangt haben.

5. Porphyrit. Im Gegensatze zum eigentlichen Porphyr, welcher vergl. Seite 24 Orthoklas als ein Hauptgemengteil aufweist, besteht Porphyrit aus einer von Plagioklas und Hornblende gebildeten Grundmasse, in welcher Hornblende, Augit oder braunschwarzer Glimmer — seltener Quarzkörner — ausgeschieden sind. Die sehr feine Grundmasse zeigt eine braune, braunrote, dunkelgraue oder bläulichbraune Färbung, welche auch das Aussehen des Gesteines bestimmt.

Je nach den Ausscheidungen trennt man: Hornblendeporphyrit, Augitporphyrit oder Glimmerporphyrit. Für letztere Benennung sind auch — wegen der Ähnlichkeit mit Diorit — die Bezeichnungen Dioritporphyrit oder Glimmerdioritporphyrit eingeführt.

Das mächtige Gänge, Stöcke und Lager bildende Gestein findet sich in Sachsen (Wilsdruff bei Dresden, Triebischtal bei Meißen, in der Lausitz) bei Hohenelbe in Böhmen, im Harz (Ilfeld, Elbingerode), im Thüringer- und Schwarzwalde, in den Vogesen, sowie in den wegen ihrer Großartigkeit und Leistungsfähigkeit weit bekannten Brüchen bei Quenast (K = rd. 2500 kg/qcm) und Lessines unweit Brüssel[1]).

Als im Altertum vielfach verwendete Porphyrite — früher Porphyre genannt — seien erwähnt der Porfido verde antico, zwischen Sparta und Marathon gebrochen, ein olivgrüner Augitporphyrit, und der Porfido rosso-antico von der Westküste des roten Meeres, ein braunroter Hornblendeporphyrit. Von der Verwendung des Gesteines gilt das bei den Porphyren mitgeteilte.

6. Diabas. (Augitgrünstein.) Diabas ist ein dem Diorit sehr ähnliches Gestein, und von diesem durch die hellere Farbe, das meist größere spezifische Gewicht, sowie die Eigenschaft unterschieden, daß infolge Zersetzung seines Kalkfeldspates ein Aufbrausen beim Begießen des Gesteines mit Säuren eintritt. Die Hauptgemengteile des Diabas sind Pyroxen und Plagioklas, letzteres in der Form von Labrador oder Oligoklas. Als zufällige, weder die äußeren Eigenschaften noch die Verwendung des Gesteines beeinflussende Beimengungen treten auf: Chlorit, Quarz, Glimmer, Eisenmineralien (selten FeS_2) u. s. w. Der schwarzgrüne Pyroxen und der meist weiße, bisweilen durch Chlorit grünlich gefärbte, Feldspat bestimmen die graugrüne bis dunkler

[1]) Der obengenannte Bruch dürfte wohl der großartigste der Welt sein. Vergl. E. Dietrich, Die Baumaterialien der Steinstraßen, Berlin, Julius Bohne, 1885. Nach E. Dietrich ist übrigens das bei Quenast gefundene Material als Diorit bezeichnet; früher wurde es als Porphyr angesehen, wie aus dem Namen der Steinbruchbesitzerin Société Anonyme de Carrières de Porphyr de Quenast ersichtlich ist. Nach Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl. Leipzig 1894, II. Band S. 549 ist das Gestein jedoch richtiger als quarzführender Hornblendeporphyrit zu bezeichnen.

grüne Färbung des Gesteines. Vielfach ist dasselbe auch grün und weiß gefleckt und wird alsdann fälschlich oft als Syenit oder Dioritporphyr, besonders in der Schleifindustrie, bezeichnet. Die Struktur des Diabas ist dicht (Diabasaphanit), kristallinisch, körnig, auch porphyrisch, (je nach den Ausscheidungen von beiden Gemengteilen oder nur einem von ihnen Diabasporphyr, Augitporphyr, Labradorporphyr) und schiefrig (mit viel Chlorit). Oft zeigt Diabas, von zahllosen mit Kalkspat oder Chlorit erfüllten Hohlräumen durchsetzt, Mandelstein-Ausbildung.

Das spezifische Gewicht beträgt etwa 3,0, die Gesteinshärte liegt zwischen 5 und 6. Die Wetterbeständigkeit und die Politurfähigkeit ist der des Diorites gleich. Als mittlere Druckfestigkeit kann etwa der Wert von 1900 kg/qcm, als Maximum derselben 2800 kg/qcm gelten; für Zug- und Scherfestigkeit empfehlen sich die Zahlen: 50 bzw. 90 kg/qcm.

Das Gestein kommt in Lagern, Stöcken und Gängen vor. Bei letzteren ist vielfach für die Struktur und Farbe die Massigkeit des Vorkommens von erheblicher Wichtigkeit; während in Gängen von nur wenigen Metern Stärke sehr oft ein schwarzgrünes, dichtes oder feinkörniges (fälschlich oft als Basalt bezeichnetes) Gestein auftritt, das zudem, meist sehr zerrissen, sich nur für Straßenschotter eignet, zeigen mächtigere Gänge vorwiegend ein grobkörniges, weiß und grün gesprenkeltes (fälschlich oft Syenit genanntes) Gestein, das sich zu jeder Verwendung eignet.

Diabas findet sich in Sachsen im Vogtlande und in der Lausitz (Niederguhrig, Kamenz, Senftenberg, Bautzen), im Harz im Selke- und Bodetal (K = 2380 kg/qcm), bei Rübeland, Andreasberg (K = 2389 kg/qcm), Goslar, Werningerode (K = 1000 kg/qcm), Elbingerode, Hasselfelde, Wolfshagen u. s. f., im Fichtelgebirge am Ochsenkopf und Fichtelberg bei Berneck, in der Gegend von Hof i. B., bei Dillenburg in Nassau (Diabas-Mandelstein), im Thüringer Wald bei Friedrichroda, in Süd-Norwegen u. s. w.

Die Verwendung des Gesteines ist die nämliche wie diejenige des Diorites; wenig Feldspat[1]) enthaltend, gehört es zu den besten natürlichen Pflaster- und Schottersteinen; in poliertem Zustande ist er ein geschätzter Dekorationsstein, findet aber weniger als Bau- und Werkstein Verwendung.

7. Gabbro. Gabbro besteht aus Feldspat (meist Labrador, seltener Saussurit[2]) und Diallag oder dessen Abart Smaragdit. Der meist vorherrschende, grobkörnige Feldspat ist bläulichweiß bis grau gefärbt, der dichtere Pyroxen (Diallag) dunkelgrün. Als accessorisch treten auf Olivin (meist schmutzig dunkelgrüne Körner), Quarz, dunkle Hornblende, Glimmer, Schwefelkies, andere Eisenmineralien u. s. w.

Die Struktur ist meist regellos kristallinisch, grob bis mittelkörnig, aber auch schieferig und flaserig. Die Farbe ist für gewöhnlich dunkelgrau, das spezifische Gewicht liegt zwischen 2,7 und 3,0, die Härte ist groß 6—8, die Wasseraufnahmefähigkeit sehr gering, die Wetterbeständigkeit bei den labradorarmen Arten eine gute, im besonderen bei den regellos körnigen. Die labradorreichen Gesteine hingegen widerstehen weniger gut der Feuchtigkeit, da der Labrador sich pulverförmig zersetzt, vom Regen fortgespült wird und sich somit auf der Gesteinsoberfläche Vertiefungen bilden. Das farbenschöne, grün und weiß gefleckte Gestein nimmt gut Politur an. Seine Druckfestigkeit beträgt im Mittel 2000 kg/qcm, und dürfte zwischen den Grenzen von 700 und 2400 kg/qcm liegen.

Gabbro kommt in Gängen und Lagern vor, in letzteren oft in flaseriger Struktur und mit einem, dem Amphibolschiefer verwandten Aussehen.

[1]) Der nicht in Verwitterung übergeht.

[2]) Ein Umwandlungsprodukt des Plagioklas.

Fundstellen sind in Schlesien der Zobten, die Grafschaft Glatz (Ebersdorf und Volpersdorf bei Neurode unweit Glatz), das Eulengebirge (Frankenstein), die Gegend von Kunzendorf —, in Sachsen einige Stellen im Granulitgebirge (Roßwein, Siebenlehn bei Nossen, Penig u. a.) —, im Harz (Radautal bei Harzburg, K = 1030 kg qcm, Oderkrug) —, in Nassau (Dillenborn, Herborn), in der Eifel, dem Odenwald, den Vogesen (Odern), an vielen Stellen der Schweiz (Monte-Rosa, Waadtland, Graubünden), in Südwest-Norwegen[1]) u. s. w.

Seine Verwendung findet Gabbro meist als Dekorationsstein in poliertem Zustande: zu Wandbelägen, Platten aller Art. Säulen u. dergl. Besonders geschätzt hierfür sind die farbenprächtigen italienischen Gabbroarten, welche als Granitone nördlich von Florenz, bei Genua, Savona u. s. w., oder als Verde di Corsica (ein Smaragditsaussurit-Gabbro) auf Korsika vorkommen.

Auch als Baustein, wie als Straßenmaterial ist das Gestein geschätzt, wenn es auch für letztere Zwecke den Dioriten und Diabasen nachsteht; einerseits macht die Zerteilung des oft sehr zähen Gesteines große Kosten, andererseits wird der Feldspat von den atmosphärischen Einflüssen angegriffen.

8. **Melaphyr.** Melaphyr — in der Industrie auch schwarzer Porphyr oder fälschlich Basaltit genannt, besitzt eine glasige Grundmasse von Natronkalk-Feldspat (Labrador) und Augit und Olivin, aus welcher Plagioklas (seltener Orthoklas), Augit, Olivin, Apatit u. a. m. ausgeschieden sind. Als zufällige Gemengteile treten auf Quarz, Glimmer, Hornblende, sowie verschiedene Metalle und deren Mineralien, unter diesen besonders wichtig Eisenkies. Das dem Basalt sehr ähnliche Gestein ist von diesem oft nur durch sein geringeres spezifisches Gewicht (im Mittel 2,7 zu 2,9) sowie durch die Eigenschaft, beim Begießen mit Säuren aufzubrausen, welche die meisten Basalte nicht besitzen, zu unterscheiden.

Eine besondere Art bildet der Melaphyr-Porphyr, bei welchen aus der dichten, rötlichgrauen, braunen, schwärzlichbraunen oder auch grünen Masse Feldspat, Glimmer, auch Amphibol und Pyroxenkristalle deutlich ausgeschieden sind. Nach der Art dieser Ausscheidungen selbst trennt man: Labrador-, Glimmer-, Hornblende- und Augit-Melaphyrporphyr.

Oft geht die Porphyrstruktur auch in Mandelsteinbildung über.

Die Farbe des normalen, feinkörnigen bis dichten Gesteines ist dunkelgrau, grün oder schwarz — selten rötlich z. B. einige sächsische Arten. Das spezifische Gewicht beträgt 2,5—2,85 — im Mittel 2.70 —. Die Porosität ist gering, der Bruch bei gutem Material muschelig, die Wetterbeständigkeit mäßig. Besondere Vorsicht ist bei dem bereits in Verwitterung übergegangenen, an seiner erdigen Struktur und Bruchfläche, seiner gelbgrünen bis braunen Färbung leicht zu erkennenden Material geboten.

Die Druckfestigkeit des gesunden, mit dem Stahl nicht ritzbaren Gesteines beträgt im Mittel 1200 kg qcm, mindestens etwa 600, höchstens 3300 kg qcm, bewegt sich also in weiten Grenzen.

Das in Gängen, Stöcken, Decken, Kuppen, vorwiegend aber in mächtigen Lagern vorkommende Gestein, wird gefunden in Schlesien am Südabhange des Riesengebirges bei Landshut, Loewenberg, Rothwaltersdorf — in Sachsen bei Zwickau, Oschatz, bei Willsdruff, Planitz, im Plauenschen Grunde — im Harz in der

[1]) Der von der Firma Kessel und Roehl-Berlin, als norwegischer Gabbro oder Labrador, auch Labrador-Granit in den Handel gebrachte, durch Farbenpracht und -Schiller ausgezeichnete Stein aus der Gegend des Langesundfjords ist ein Augitsyenit. Vergl. S. 23.

Gegend von Ilfeld, Stolberg — in Thüringen bei Ilmenau, Friedrichroda u. a. O. — im Hunsrück (Oberstein, Melaphyr mit Achat-Mandeln) — in der Rheinpfalz (K = 1350 bis 1760 kg/qcm), in der Nahegegend Baumholder, Kirn (K = 708 kg/qcm), Lemberg K = 963 kg/qcm) Hauenfels (K = 1362 kg/qcm), im Odenwalde bei Darmstadt, in der Bayerischen Pfalz bei Rammelsbach und Altenglau (an der Bahn Landstuhl–Cusel), in den Vogesen, in Nordostböhmen, in Südtirol, Norwegen (Gegend von Kristiania) u. s. w. Das Gestein, welches sich ähnlich wie feinkörniger Diabas oder Basalt verhält, eignet sich nicht besonders zu Straßenpflaster — wie die wenig guten, hier gemachten Erfahrungen gezeigt haben; wenn es auch nicht so glatt wie Basalt wird, so ist doch seine geringe Wetterbeständigkeit ein sehr erheblicher Nachteil. Ausgedehntere Verwendung findet Melaphyr zu Schotter (im Chausseebau, zu Gleisbettungen, zu Betonherstellung u. dergl.), sowie als Dekorations-, weniger als Mauerstein.

9. Olivin- und Pyroxengesteine. (Peridotite.) Diese vorwiegend Olivin enthaltenden Gesteine sind durch die Abwesenheit oder das nur sehr spärliche Vorkommen von Feldspat ausgezeichnet. Als Olivinbegleiter treten auf vorwiegend die Glieder der Pyroxen-, alsdann der Amphibol- und Biotitgruppe. Für deutsche Verhältnisse ist — wenn auch nur lokal wichtig — erwähnenswert der Pikrit, ein sehr zähes, schwarzgrünes Gestein, welches aus einer schwarzen, dichten Grundmasse aus Hornblende, Augit, Biotit, Magnetit u. s. w. und meist gut ausgebildeten Olivinkristallen besteht. Das Gestein findet sich weniger verbreitet, so im Nassauischen, im Fichtelgebirge, an einigen Stellen Thüringens, in Planitz bei Sachsen u. s. w. Es bildet das Urgestein, aus dem durch Umwandlung Serpentin entstanden ist. —

10. Rhyolithe und rhyolithische Gläser. Rhyolithe sind jüngere, Feldspat (Sanidin) und Quarz sowie Hornblende, Augit und Biotit enthaltende porphyrische Gesteine, welche in chemischer Beziehung an die Granite oder älteren Quarzporphyre sich anschließen. Sie finden sich vorwiegend in Ungarn, Siebenbürgen, Steiermark u. s. w. und werden in der baulichen Praxis vielfach — wegen ihrer äußeren Ähnlichkeit mit den Trachyten — quarzführende Trachyte genannt. Ihre Druckfestigkeit liegt bei gutem Material etwa bei 1200—1600 kg/qcm.

Zu ihnen gehören als sogenannte Rhyolithische Gläser, das heißt Gesteine mehr oder weniger verglasten Aussehens:

a) Obsidian, eine wasser-freie oder -arme, glasartige, glasglänzende, an den Kanten durchscheinende bis helldurchsichtige Masse von graugrüner bis dunkelbrauner und schwarzer Färbung. Ihre Struktur ist dicht bis porphyrisch und blasig; ihre chemische Zusammensetzung mit Rücksicht auf die Mengen und Zusammenstellung der obengenannten Mineralien sehr verschieden. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 2,4 und 2,5, die Härte zwischen 6 und 7. Das in Ungarn, auf Island, in Nord-Amerika u. s. w. vorkommende Gestein wird in poliertem Zustande zu Luxusgegenständen verwandt.

b) Der Pechstein, auch trachytischer Pechstein genannt, dem Obsidian nahe verwandt, aber stärker verglast als dieser und vor ihm durch den größeren Gehalt an chemisch gebundenem Wasser ausgezeichnet. Das schmutziggrün bis dunkelbraun und schwarz gefärbte, durch Fettglanz ausgezeichnete Gestein zeigt ein spezifisches Gewicht von 2,2–2,3, eine Härte von 5,5–6 und ist sehr wetterbeständig. Vorwiegend in Ungarn, auf Island, den schottischen Inseln u. s. w. vorkommend, findet es eine mehr örtliche Verwendung und zwar fast nur zu Bruchsteinen, Schotter u. dergl. Seine Verwendung als Pflasterstein ist dadurch, daß er unregelmäßig bricht, eine sehr beschränkte [1]).

[1]) Neben den jüngeren rhyolitischen Pechsteinen gibt es auch ältere, Felsitpechsteine genannt, welche sich eng an die Quarzgesteine anschließen und abgesehen von ihrem Wassergehalte in chemischer Zusammensetzung mit den Quarzporphyren übereinstimmen. Ihre Farbe ist dunkel, olivengrün, gelbbraun, braunrot bis schwärzlich; ihre Härte nicht ganz 6. Die Struktur ist dicht oder — seltener — porphyrisch; alsdann treten aus der meist sehr dunklen, amorphen Grundmasse Orthoklas, Plagioklas, Quarz und Biotitkristalle heraus. Als bekannte Fundstellen des vorwiegend als Bruchstein und im Straßen-

c) Der Bimsstein, ein seidenglänzendes, glasiges, sehr poröses schaumiges Gestein mit oft langgestreckten und nur durch dünne Wände geschiedenen Poren. Seine Farbe ist meist licht, weißlich, grau, auch gelblich, selten dunkel. Das sich mit Mörtel gut verbindende Material gibt als schlechter Wärmeleiter gute Wohnräume. Im Feuer bläht sich der Stein. Als vulkanisches Produkt findet sich das Gestein in der Nähe früherer oder noch tätiger Vulkane, in Deutschland in sehr großer Mächtigkeit bei Benndorf unweit Koblenz, ferner in Ungarn, am Vesuv, auf den liparischen Inseln u. s. f. Sein spezifisches Gewicht ist sehr schwankend = 0,37—0,9.

Verwendet wird Bimsstein zur Herstellung künstlicher, sehr leichter Bausteine als Wärmeschutz-, Schleif- und Poliermittel, lokal auch als Baustein (Gebäude in Lipari, Kuppel der Agia Sophia in Konstantinopel).

11. Trachyt und Andesit. Der eigentliche Trachyt[1]) ist ein quarzfreies Gestein, zusammengesetzt aus Alkalifeldspat (Kalifeldspat — Sanidin) mit Hornblende, Glimmer oder Augit. Je nach dem Überwiegen der letztgenannten 3 Mineralien unterscheidet man:

Hornblendetrachyt, Glimmertrachyt und Augittrachyt.

Tritt an Stelle des Kalifeldspats zu Hornblende und Biotit Natronfeldspat, so wird das Gestein wissenschaftlich als Andesit bezeichnet; in ihren äußeren Eigenschaften und ihrer technischen Verwendbarkeit sind jedoch beide Arten fast gleich.

Beide sind kristallinisch feinkörnige bis dichte Gesteine; aus der porösen, rauhen, gelblichen, bräunlichen oder lichtgrauen Grundmasse treten die genannten Mineralien in kleinen Kristallen heraus. Der Bruch des Gesteines ist grobsplitterig, die Druckfestigkeit bei gutem Trachyt mindestens 600—700 kg/qcm, beim Andesit 500—900 kg/qcm. Als Schubfestigkeit kann 20—30 kg/qcm, als Biegungsfestigkeit etwa 100 kg/qcm eingeführt werden. Das spezifische Gewicht beträgt 2,2—2,7, die Härte, ziemlich verschieden, bis 6, die Wasseraufnahme in 125 Stunden 3 %.

Als wetterbeständig kann nur das feldspatarme Gestein gelten, am besten von diesem wieder sind die feinkörnigen Arten. Ein Reichtum an Feldspat, oder das Auftreten größerer Kristalle dieses führt, wie vielfache Erfahrungen gezeigt, nur zu leicht zu starker Verwitterung.

Als deutsche Fundstellen des in selbständigen Bergmassen oder in Gängen auftretenden Gesteines sind zu erwähnen: In erster Linie das Siebengebirge mit seinen Ausläufern auf dem linken Rheinufer; und zwar für Trachyt der Drachenfels, Perlenhardt, Hohenberg, Berkum bei Godesberg (linksrheinisch), für Andesit Wolkenburg (K = 560 kg/qcm), Stenzelberg (K = 700—930 kg/qcm), Rosenau u. s. w.; ferner die Rhön (Altberg), die Eifel (Gegend von Kelberg), der Westerwald (Umgegend von Selters K = 380—390 kg/qcm, von Gießen K = 575 kg/qcm), die Vogesen, Zentral-Frankreich (die Auvergne u. s. w.).

Das mit Mörtel sich gut verbindende Gestein findet seine Verwendung im Hochbau als Baustein, Werkstein, zu Treppenstufen, Ornamenten, Gliederungen aller Art (wegen seiner guten und leichten Bearbeitung), Säulen, Fassadenverkleidungen, in leich-

---

bau verwandten, technisch gut brauchbaren Gesteines seien genannt: Die Gegend von Meißen a. d. Elbe (ein schwarzes, rotbraunes, braunes, auch grünes und gelbes Gestein, das im Trilbischtal sowie bei Obergarsbach, Obersemmelberg u. s. w. gebrochen wird), Planitz bei Zwickau (dunkelbraun, schwarz), Spechtshausen bei Tharandt (schwarz), die Gegend nördlich von Wunsiedel im Fichtelgebirge, bei Bozen, Lugano u. s. w.

[1]) Fälschlich in der Technik als quarzführende Trachyte bezeichnete Gesteine sind besser Rhyolithe zu benennen. Vergl. die vorstehenden Ausführungen.

teren Arten auch zu Gewölbekonstruktionen, im Ingenieurbau als Pflaster- und Schottermaterial; und zwar wegen seiner mittleren Festigkeit für Straßen mit mäßigem, nicht schnellem und schwerem Verkehre, im besonderen wegen seiner bleibenden Rauhigkeit auch für steilere Straßen. Besonders bewährt für Straßenbauzwecke ist der Andesit von Stenzelburg.

12. Phonolith (Klingstein). Phonolith, ein dem Basalt ähnliches Gestein[1]), besteht vorwiegend aus Feldspat (Orthoklas-Sanidin) Nephelin und Augit, daneben Hornblende, Magneteisen u. s. w.; Quarz ist nicht vorhanden. Tritt an Stelle von Nephelin Leucit oder Haüyn, so spricht man von Leucitphonolith oder Haüynphonolith.

Die einzelnen Gemengteile lassen sich mit bloßem Auge nicht mehr unterscheiden; hin und wieder sind einige der Mineralien porphyrisch ausgeschieden.

Das graugrünlich gefärbte, schwach fettglänzende, an den Kanten durchscheinende Gestein klingt in Bruchstücken hell (daher der Name Klingstein), zeigt einen splitterigen scharfkantigen, flachmuscheligen Bruch, besitzt ein spezifisches Gewicht von 2,5—2,7, ist sehr wetterfest und verbindet sich gut mit Mörtel. Seine Festigkeitsverhältnisse sind etwa denen des Trachyt entsprechend. Wegen der vielfach plattigen Absonderung ist die Gewinnung lagerhafter Bau- und Pflastersteine sehr vereinfacht.

Das in spitzen Kuppeln und Kegeln auftretende Gestein findet sich an nicht vielen Stellen und hat eine vorwiegend lokale Bedeutung.

Als Fundorte seien genannt: Im Königreich Sachsen: Der Hochwald bei Zittau, der Oberoderwitzer Spitzberg, der Südabhang des Kottmar, Großschönau, ferner Mittel-Nordböhmen (Tannenberg, Milischauer, Teplitzer Schloßberg, Schreckenstein bei Aussig), die Rhön (Milseburg), der Vogelsberg, das Kaiserstuhlgebirge, der Hohentwiel, Stauffen, vereinzelte Stellen im Siebengebirge, Westerwalde, in der Eifel u. s. w.

Die Verwendung des Gesteines ist eine ähnliche wie die des Basaltes (vergl. Seite 34), wobei allerdings wegen des lagerhaften Brechens des Gesteines seine Benutzung als Baustein mehr im Vordergrund stehen dürfte; wo sich Phonolith, wie z. B. in der Auvergne in dünne Platten zerteilen läßt, wird er auch als Dachdeckungsmaterial gern benützt.

13. Basalt und Dolerit. Die im dichten Gesteine nicht mit unbewaffnetem Auge zu erkennenden Hauptgemengteile des normalen Basalts bestehen aus Plagioklas, Augit, Olivin, sowie Magnet- oder Titaneisen.

Tritt in diesem Gemenge an Stelle des Feldspats Nephelin oder Leucit, so entstehen der Nephelin- bezw. Leucitbasalt.

Besteht das Gestein aus Feldspat, Augit und Nephelin bezw. Leucit, ist also Olivin ersetzt, die Masse aber äußerlich dem Normalbasalt entsprechend, so spricht man von Nephelintephrit und Leucittephrit; tritt hierzu noch Olivin, so entsteht die Sonderart des Basalts: Nephelin- bezw. Leucitbasanit.

In der baulichen Praxis pflegt man, und nicht mit Unrecht, alle diese, nur durch verwickeltere petrographische Untersuchungen voneinander zu trennenden Arten unter dem Sammelnamen Basalt zu begreifen.

Die Farbe des dichten Gesteines ist grauschwarz bis bläulich; das spezifische Gewicht beträgt 2,8—3,3, die Härte liegt zwischen 6 und 8. Der feinsplitterige Bruch ist uneben und muschelig. Im Verhältnis zu seiner bedeutenden Festigkeit muß das Gestein als spröde bezeichnet werden. Es ist deshalb auch nicht möglich, dasselbe zu Gliederungen, Ornamenten, feineren Profilen u. dergl. zu verwenden. Die Wärmeleitung ist eine erhebliche, die Wasseraufnahme eine mittlere (Porositätkoeffizient 0,9—1,28 %), so

[1]) Als wichtigere Unterscheidungsmerkmale dienen: 1. Die Feldspatart, Orthoklas beim Phonolith, Plagioklas beim Basalt; 2. die lichtgelbe Verwitterungskruste gegenüber der lichtblauen des Basalt.

daß also Basalt kaltfeuchte Mauern gibt. Eine Folge der Wasseraufsaugung, sowie des großen Gehaltes an Feldspat ist die allmähliche Auslaugung des Gesteines und der Übergang desselben bei dieser Verwitterung in ein basaltisches Trümmergestein mit tonigem Bindemittel, die Basaltwacke, die in weiterer Umbildung in basaltischen Ton zerfällt.

Mit gewöhnlichem Kalkmörtel verbindet sich Basalt schlecht; ferner ist er nicht feuerbeständig, sondern schmilzt bei größerer Glut.

Die Druckfestigkeit des Gesteines ist eine sehr hohe; als Mittelwert für diese kann etwa 2000 kg/qcm eingeführt werden; die Grenzwerte dürften bei gutem, unverwittertem Material zwischen 1000 und 5000 liegen. Als Biegungsfestigkeit wird 200 kg/qcm angegeben.

Basalt bildet Decken und Kuppen und findet sich oft in säulenförmigen Ablagerungen. Als bekanntere deutsche Fundstellen seien hervorgehoben: Das hessische Bergland, im besonderen die Gegend von Kassel, der Habichtswald, der Meißner, die Höhen des Fulda- und Werratales, die Gegend von Hanau und Aschaffenburg, der Vogelsberg (K = 2500—2800 kg/qcm), der Kaiserstuhl, die Rhön (Zella, am Dolmar), der Westerwald (Gegend von Haiger und Herborn), der Odenwald, das Lahntal, das mittlere Rheintal, das Siebengebirge (Weilberg, Ölberg, K = 1600 kg/qcm), der Schwarz- und Thüringerwald, die bayerische Oberpfalz, ferner an der Bahnlinie Hof—Regensburg die Brüche bei Großschlettengrün, Weidau, Kemnath—Neustadt, Triebendorf u. a. m., weiter die Lausitz (Zittau), das Erzgebirge, die Gegend von Pirna, das Riesengebirge u. s. f.

Die Verwendung des Basaltes erstreckt sich zum Teil auf den Hochbau (starke Außen- und Fundamentmauern, Treppenstufen, Säulen, Sockel, Festungsbau, mehr auf Ingenieurbauwerke, auf Wehr- und Schleußenbauten, Kai- und Stützmauern aller Art, auf Brückenpfeiler, Auflagersteine u. dergl., in erster Linie aber auf den Straßenbau. Wegen seines Vorkommens an vielen Orten, sowie wegen seiner verhältnismäßig leichten Gewinnung ist Basalt oft für Neuanlagen und Unterhaltungsarbeiten das preiswerteste Straßenbaumaterial. Größere Pflastersteine aus Basalt leiden allerdings daran, daß wegen der Sprödigkeit des Gesteines die Kanten abspringen und daß im Laufe der Benutzung die Steinoberfläche sehr glatt wird, ein Nachteil, der sich erheblich durch Verwendung kleiner Pflastersteinformate mildern läßt. Als Chaussierungsmaterial leidet Basalt zwar an starker Schlammbildung, gestattet aber andererseits ein schnelles Austrocknen der Fahrbahnen; jedenfalls gehört Basalt zu den geschätzteren deutschen Straßenbaumaterialien.

Vielfach werden die Basaltsäulen ohne weitere Bearbeitung als Prellsteine, zur Abpflasterung von Böschungen, zu Regulierungswerken des See- und Flußbaues u. dergl. bzw. zu Cyklopenmauerwerk verwendet.

Zeigt der Basalt eine körnige — mittel- bis grobkörnige Struktur, bei welcher die einzelnen Gemengteile leicht unterschieden werden können, so führt er den Namen **Dolerit.** Als Abart des normalen Gesteines werden auch hier bei Ersetzung des Feldspates durch Nephelin oder Leucit, Nephelin- und Leucit-Dolerit unterschieden.

Das spezifische Gewicht des gleich dem Basalt spröden Gesteines schwankt zwischen 2,56 und 3,10; die Wasseraufnahmefähigkeit ist klein, die Wetterbeständigkeit etwas geringer als die des Basaltes. Die Druckfestigkeit beträgt im Mittel 800 kg/qcm und geht bis zu etwa 1300 kg/qcm, in einzelnen Fällen auch erheblich höher aufwärts. In großer Hitze wird der Stein rissig und schmilzt sogar. Mit gewöhnlichem Mörtel verbindet er sich gut, ist hierin also dem Basalt überlegen.

Fundorte des nicht häufigen Gesteines in Deutschland sind:

In Thüringen Eisenach, in Hessen Lauterbach am Meißner (K = 1282 kg/qcm), Ziegenberg bei Beuzendorf in Oberhessen (K = 1094 kg/qcm), die Eifel, das Kaiserstuhl-

gebirge, die Löwenburg im Siebengebirge, Oberbrechen in Nassau, Eberbach in Baden (K = 2567—2827 kg/qcm), der Löbauer Berg in der Lausitz und wenige andere Stellen. Geht Dolerit in eine feinkörnige (nicht dichte) Struktur über, so führt das für gewöhnlich grünlichgraue, bräunliche bis schwarze Gestein den Namen Anamesit. Bekanntere Fundorte dieses basaltähnlichen Materials sind: Wilhelmshöhe bei Kassel, Steinheim unweit Hanau, im unteren Maintal: Rüdigheim, Niederrad, Bockenheim, in Schlesien Striegau (K = 1700 kg/qcm). Die Verwendung von Dolerit und Anamesit ist gleich der des Basalts.

14. Lava. Unter Lava versteht man ein jüngeres Produkt erloschener oder noch tätiger Vulkane, das entweder in Form eines Stromes, oder in einzelnen Blöcken oder in Sand- und Aschenform erstarrt ist. Ist die Erstarrung langsam vor sich gegangen, so ist die Lava meist kristallinisch körnig, auch porphyrisch, ist sie schnell erstarrt, so nimmt sie eine poröse, schaumige, schlackige Struktur an.

Bekanntere Sonderarten nach ihrer chemischen Zusammensetzung sind **Basaltlava** (Doleritlava) und **Trachytlava.** Erstere ist in der Regel dunkler als die letztere. Das meist leicht bearbeitbare Gestein ist gut zu großprofilierten Arbeiten zu verwenden, in seiner dichten Art auch in der Regel polierbar. Das spez. Gewicht beträgt 0,7—2,6, die Druckfestigkeit der weichen Sorte etwa 160, die der härteren, dichteren rd. 600—700 kg/qcm. Die Wasseraufnahme in 125 Std. ist 6 %, die Beständigkeit auch im Wechsel von Wasser und Luft sehr gut, die Wärmeleitung eine sehr schlechte. Das Vorkommen der Lava erstreckt sich auf wenige Gebiete Deutschlands. In erster Linie ist hier zu nennen die Gegend um den Laacher See und die Eifel; besonders bekannt ist die sehr geschätzte Basaltlava von Mayen und Niedermendig in der Eifel, ein schwarzgraues rauhes kleinporiges Gestein vom spez. Gewicht 2,4, einer Druckfestigkeit von 500—600 kg/qcm und einer Biegungsfestigkeit von rund 100 kg/qcm. Weitere Fundstellen sind: Kesselbach in Oberhessen und Königswinter (K = 522). Die Verwendung der Lava (im besonderen der Basaltlava) ist eine sehr vielseitige und zwar zu gewöhnlichen Bausteinen, Werkstücken, Auflagersteinen, Treppenstufen, Facadenverblendung, Gesimsen, profilierten Arbeiten der Monumentalbauten aller Art; ferner wird das Gestein im Wasser- und Brückenbau hochgeschätzt und gerade an gefährlicher Stelle verwendet (bei Schleusendrempeln, zu Auflagerquadern u. s. f.), nicht minder ist es als Straßenbaumaterial zu Pflaster- und Bordsteinen, wie zu Trottoirplatten bewährt und gehört wegen seiner stets verbleibenden Rauhigkeit zu den geschätztesten Straßenbausteinen; bei sehr schwerem Verkehr empfehlen sich wegen der geringeren Druckfestigkeit plattenförmige Steine.

§ 5. Die kristallinischen Schiefergesteine.

1. Gneis. Gneis besitzt genau dieselbe Zusammensetzung wie Granit, besteht also aus den Hauptgemengteilen Kalifeldspat, Quarz und Glimmer. Während diese jedoch im Granit regellos körnig gelagert sind, zeigt Gneis Parallelstruktur und Schiefrigkeit. Auch hier werden gleich wie beim Granit nach der Art des Glimmers, bezw. seiner Ersetzung durch Hornblende, als Hauptarten unterschieden: Biotitgneis — grau — Muskovitgneis — rot — Zweiglimmergneis — meist grau — und Hornblendegneis — grau. Eine weitere Abart bildet der Protogingneis der Alpen, grünlich gefärbt durch ein dem Chlorit ähnliches Mineral.

Die Struktur des Gesteines ist kristallinisch, schiefrig, auch schuppig und faserig und zwar fein- bis mittelkörnig. Geht die Parallel-Struktur verloren, so geht der Gneis in feinkörnigen Granit über; verschwindet der Feldspat, so entsteht Glimmerschiefer.

Das spezifische Gewicht beträgt 2,4—2,9, die Härte ist etwa die des Granits. Die Wetterbeständigkeit ist abhängig einerseits vom Quarzgehalte und Gefüge des Gesteines, andererseits von der Stärke seiner Schichtung; im allgemeinen sind dickbankige, quarzreiche Gneise die besten und von ähnlicher Dauerhaftigkeit wie gute Granite; weniger haltbar sind die dünnschichtigen und unter diesen besonders die glimmerreichen und eisenhaltigen, welche leicht verwittern. Die Wasseraufnahme ist gering, die Druckfestigkeit i. M. 1700, der Größtwert etwa 2600 kg/qcm.

Gneis ist weit und viel verbreitet; er bildet die Zentralmasse der älteren Gebirge als Fundament aller bekannten Ablagerungen. Größere Gneisgebiete finden sich in Deutschland vornehmlich im Erzgebirge, dem Fichtelgebirge, in den Sudeten, dem bayrisch-böhmischen Walde, dem Schwarzwalde, ferner in den Alpen, in Schweden-Norwegen u. s. w.

Die Verwendung des Gesteines ist abhängig von seiner Wetterbeständigkeit und der diese beeinflussenden Momente (vergl. oben); dickbankiger, quarzreicher Gneis findet zu Quadern, Treppenstufen, Trottoirplatten, Bruchsteinen, auch zu guten Pflastersteinen Verwendung; in letzterer Beziehung steht er allerdings dem Granit im allgemeinen nach, abgesehen von seiner für steile Straßen besonders wertvollen Eigenschaft, dauernd rauh zu bleiben.

Dünner geschichtetes Gestein findet wegen seiner leichten Teilbarkeit zu rohen, platten Mauersteinen, Fußbodenbelägen, in sehr dünnen Schichten auch zur Dachdeckung Verwendung; auch liefert Gneis ein durchaus gutes Schottermaterial.

2. Granulit. Granulit stellt eine besondere Abart des Gneises vor, bestehend aus Felspat und Quarz sowie kleinen rotbraunen bis roten Granaten und dunklem Glimmer. Vermindern sich die Granaten und nimmt der Glimmer überhand, so spricht man von Glimmergranulit, tritt an Stelle des Glimmers Hornblende, auch von Hornblendegranulit.

Das schiefrige, dünnplattige Gestein ist mittel- bis feinkörnig kristallinisch, fast weißlich von Farbe (Weißstein), manchmal auch weißlich grau, hellgelb oder hellrot mit mehr oder weniger schwarzen Glimmerplättchen.

Das einen kleinsplitterigen Bruch zeigende Gestein ist wegen seines geringen Quarzgehaltes der Verwitterung erheblich mehr als Granit unterworfen, also weniger dauerhaft wie dieser. Das spez. Gewicht beträgt i. M. 2,6, die Härte ist annähernd die eines mittleren Granits. Das leicht spaltbare Gestein gestattet eine gute Politur, ist aber spröde und demgemäß (wie Granit) einer feineren Bearbeitung nicht zugänglich. Granulit findet sich in dem nach ihm benannten Granulitgebirge in Sachsen d. i. dem nördlichsten Teile des Erzgebirges zwischen Glauchau, Rochlitz, Roßwein und Frankenberg, (größere Brüche bei Limbach und Roßwein), ferner in Böhmen (Budweis), Mähren, im östlichen Bayern, in den Vogesen und an wenigen anderen Stellen.

Seine — vorwiegend lokale — Verwendung findet Granulit als Plattenstein (Fensterbänke, Treppenstufen, Trottoir- und Fußbodenbelag, Fundament- Mauerwerk) und als Schotter; als Pflaster hat das Material eine geringe und nur örtliche Bedeutung.

3. Der Glimmerschiefer. Glimmerschiefer besteht aus den Hauptgemengteilen Quarz und Glimmer, Feldspat fehlt. Als accessorisch treten fast stets auf: z. T. sehr schöne Kristalle von Granat, ferner vielfach von Turmalin, Talk, Chlorit u. s. w.

Je nach der Art des Glimmers unterscheidet man Muskovit- und Biotitglimmerschiefer. Verschwindet der Quarz, so entsteht ein reines Glimmergestein; überwiegt der Quarz sehr erheblich, so nähert sich das Gestein dem Quarzschiefer.

Die Farbe des kristallinischen, dünn- oder dickschiefrigen auch flaserigen, stark glänzenden Gesteines ist meist, da die Quarzkörner versteckt liegen, durch den Glimmer bedingt und demgemäß silberweiß bis grau, auch bräunlich und grünschwarz. Das spez. Gewicht beträgt etwa 2,7, die Druckfestigkeit i. M. 850 kg/qcm (St. Gotthard-Glimmerschiefer K = 1040, Biegungsfestigkeit = 256 kg/qcm). Die Wetterbeständigkeit nimmt mit der Menge des Quarzes ab und ist bei starkem Quarzgehalte eine durchaus gute. Das Gestein ist sehr feuerbeständig und demgemäß zu Feuerstätten, Hochofenanlagen und dergl. sehr geeignet.

Glimmerschiefer findet sich in größerer Mächtigkeit in Form von mantelförmigen Kuppen, Gehängen, Kegeln in allen älteren Schiefergebirgen, so z. B. in fast allen deutschen Mittelgebirgen, den Zentralalpen u. s. w.

Die quarzreichen Gesteinsarten finden als Bruch- und Plattensteine (in sehr dünnen Lagen auch als Dachschiefer) Verwendung; auch ist das Gestein bei Hochofenanlagen zur Herstellung des Schmelzraumes — „als Gestellstein — beliebt.

4. Phyllit. (Glimmerton — Tonglimmer — Urton-Schiefer.) Das baulich wenig bemerkenswerte, aus Glimmer, Quarz, Chlorit, Feldspat und Eisenmineralien (hierbei auch Schwefelkies) gebildete, kryptokristallinische oder sehr feinkörnige Gestein zeigt meist eine graugrüne, auch schwärzliche, seltener eine weiße, violette oder rötliche Färbung. Es ist dünnschiefrig, perlmutter- bis seidenglänzend, besitzt ein spez. Gewicht von 2,7—3,5, und eine Härte von 1—2.

Als Fundstellen seien genannt: Das Erz- und Fichtelgebirge, der Bayerische Wald, die Ardennen u. s. f. Verwandt wird das leicht spaltbare Gestein fast nur als Plattenstein, zu Fußboden- und Wandplatten, Dachschiefer u. a. m.

5. Chlorit- und Talkschiefer. Chloritschiefer ist ein lauchgrünes, schwärzlichgrünes, fettig aussehendes Schiefergestein, vorwiegend aus Chloritschuppen und geringer Menge von Quarz und etwas Feldspat gebildet. Das spez. Gewicht beträgt 2,7, die Härte ist 1—1,5. Das meist wetterbeständige Gestein wird als Baustein und Schiefer verwendet. Zu letzterem Zwecke ist besonders der schön gefärbte und farbenbeständige, grüne französische Schiefer von Rimogne (K = 700 kg/qcm) in den Ardennen (dekorativ zu den schwarzen rheinischen etc. Schiefern günstig wirkend) sehr gesucht.

Ein ähnliches Gestein ist Talkschiefer, nur treten an Stelle des Chlorits hier Talkschuppen. Das wetter- und sehr feuerbeständige Material zeigt eine Härte von 1—2 und ein spez. Gewicht von 2,8—3,0; es wird zu Mauern untergeordneter Art, sowie als Gestellstein bei Hochöfen verwandt.

Die beiden, oft vereint vorkommenden Gesteine bilden größere Massen, Lager und Gänge in den Alpen, dem Fichtelgebirge (Hof) den Sudeten (Altvater) dem Erzgebirge u. s. f.

6. Hornblendefels und -Schiefer. (Amphibolit und Amphibolschiefer). Das richtungslos körnige massige (Hornblendefels) oder schiefrige Gestein (Hornblendeschiefer) besteht hauptsächlich aus Hornblende, nebenbei aus Feldspat sowie geringen accessorischen Mengen von Quarz, Chlorit, Biotit u. s. w. Die Farbe ist dunkelgrün bis grünschwarz, das spez. Gewicht beträgt 2,9—3.15, die Härte 5—6, die Druckfestigkeit etwa 750 kg/qcm i. M. Das wetter- aber nicht feuerbeständige Gestein kommt in dünneren Lagen und Linsen zwischen den Schichten anderer kristallinischer Schiefer oder in wenig ausgedehnten Gängen und Stöcken vor. Fundorte sind: Das Erz- und

Granulitgebirge Sachsens, das Fichtelgebirge, die Sudeten, der Thüringer- und Böhmerwald (nördl. Teil), die Alpen.

Verwendung findet Amphibolit im Hochbau als gewöhnlicher Baustein sowie, mit Kalkspatadern durchsetzt, als Dekorationsstein, ferner im Straßenbau zu Pflaster und Schotter. Aus Hornblendeschiefer werden Trottoir- und Flurplatten, Treppenstufen, auch Dachschiefer hergestellt; vorwiegend hat das Gestein jedoch nur eine örtliche Bedeutung.

7. Serpentin. Serpentin, ein Umwandlungsprodukt der Olivin- und Pyroxengesteine, ist ein wasserhaltiges Magnesiasilikat. Als nebensächliche Bestandteile treten auf: Eisenoxyd, Tonerde, Hornblende, Glimmer, Quarz, Schwefelkies, Chlorit u. a. m.

Das dichte oder sehr feinkörnige Gestein ist vorwiegend grün mit hellen Adern, Flecken, Flammen, manchmal auch rot, hellgrau-grün, wachsgelb (edler Serpentin); hin und wieder zeigt das Gestein auch silberfarbene seidenglänzende Stränge von eingeschlossenen Asbestumbildungen. Das im Freien nicht sehr beständige und daher vorzugsweise im inneren Ausbau zu verwendende Gestein ist frisch gebrochen weich, — Härte 2,5 — erlangt jedoch im Laufe der Zeit eine Härte von 3—4. Das spez. Gewicht beträgt 2,5—2,9, i. M. 2,6, die Druckfestigkeit 700—800 kg/qcm, der Porositätskoefficient 0,56 %; das Gestein ist vollkommen feuerfest. Serpentin findet sich an nicht vielen Stellen; in Sachsen bei Zoeblitz, Waldheim, Hohenstein-Ernsttal, im Fichtelgebirge bei Steinbach und Wirsberg, im Schwarzwalde bei Todtmoos, in Schlesien am Zobten, bei Frankenstein im Eulengebirge, in Böhmen zwischen Einsiedel und Marienbad, bei Erbendorf und Werneburg in der Oberpfalz, bei Kupferberg in Oberfranken, am St. Gotthard, in Oberitalien (u. a. Prato bei Florenz, Susa bei Turin, Pegli bei Genua, woher das im Mittelalter viel verwandte Gestein die Namen Verde di Prato, di Susa, di Pegli erhalten) auf Corsica (Vert de mer) u. s. w. Körniger Kalkstein mit Serpentin durchwachsen (Ophicalcit) führt in der Kunstgeschichte den Namen verde antico.

Seine Verwendung findet Serpentin außer zu kleinen Luxusgegenständen aller Art vorwiegend als ein hochgeschätzter Dekorationsstein des inneren Ausbaues, zu Säulen, Plattenbelägen, Ballustraden, Sockelausbildungen und dergl.; seine Benutzung als gewöhnlicher (guter) Mauerstein und im Chausseebau ist rein örtlich und gering.

8. Eklogit. (Omphacitfels.) Eklogit besteht aus graugrünem, auch grauem Augit (Abart Omphacit) und rotem Granat; nebenbei kommen vor: Hornblende, Quarz, Glimmer; Feldspat fehlt.

Das fein- bis grobkörnige, meist mittelkörnige, schiefrige auch porphyrische Gestein zeichnet sich durch große Farbenschönheit — grün und rötlich gefleckt — aus. Es ist sehr zähe, schwer zu bearbeiten, nicht leicht aber gut und dauerhaft polierbar.

Eklogit findet sich selten — und nie in größerer Ausdehnung — in stockartigen Einlagerungen der kristallinischen Schiefergebirge. Bekanntere Fundstellen in Deutschland sind das Erz- und Granulitgebirge (in ersterem zwischen Lengefeld und Wünschendorf, bei Großwaltersdorf, Sayda und Schmalzgrube, in letzterem am Bahnhofe Waldheim), Albesrieth in der Bayerischen Oberpfalz, die Gegend von Hof, (Weißenstein, Eppenreuth und Döhlau).

Das Gestein hat baulich nur geringe und vorwiegend örtliche Bedeutung und zwar als Wegebaustein und zu kleineren Bildhauer- und Steinmetzarbeiten. Seiner Verwendung als Chaussee- und Pflasterstein treten seine große Zähigkeit und die hierdurch bedingten, sehr erheblichen Zerteilungskosten erschwerend entgegen. Das bayerische Material wird wegen seiner bedeutenden Härte fast ausschließlich — in rohen Stücken oder in Pulverform — als Schleifmittel und Ersatz für Schmirgel in den Handel gebracht.

§ 6. Sedimentgesteine kristallinischer oder wenigstens nicht klastischer Beschaffenheit.

1. Kalkstein. Kalkstein besteht vorwiegend aus kristallisiertem kohlensaurem Kalk; als accessorisch treten hinzu Eisenverbindungen im besonderen oxydischer Art, Ton, Sand u. s. w.

Das Gestein ist entweder dicht, kristallinisch, fein-, mittel- oder grobkörnig oder erdig. Hiernach, sowie nach den zufälligen Gemengteilen schwankt sowohl das spez. Gewicht (1,5—3,0) als auch die Härte (3—8), ebenso die Wasseraufnahme (0,08—2,38 %, beim körnigen Stein i. M. 0,25 %) in ziemlich weiten Grenzen. Ebenso verschieden ist die Festigkeit der Gesteinsarten; als Mittelwert für die Druckfestigkeit des dichten Materials kann man etwa 800 (K = 500—1500), des körnigen Gesteines 700 kg/qcm rechnen. Für Schub, Biegung- und Zugfestigkeit empfehlen sich im allgemeinen die Mittelwerte 50, 70, und 30 kg/qcm. Reiner Kalkstein zeigt entsprechend der Farbe des Kalkspats eine weiße Farbe; meist aber ist der Stein durch Eisen oder Mangan (gelb, braun, rot), Kohle oder Bitumen (grau, bläulich, schwarz), Chlorit, Serpentin (grün) u. s. w. gefärbt; neben allen möglichen, einfachen Farbentönen zeigen diese Steine, besonders die Marmorarten oft ein sehr buntes Aussehen; vielfach sind sie geflammt, gefleckt, gestreift, wolkig, meist mit helleren oder dunkleren, dünneren oder stärkeren Adern durchzogen, oder von breccienartiger Struktur.

Das dichte Gestein zeigt meist eine gute Wetterbeständigkeit; beim körnigen Material ist diese mäßiger, kann aber durch Politur verbessert werden, während die feinerdigen und lockeren Kalkstein-Arten nur wenig wetterfest sind. Das nicht feuerbeständige Gestein braust beim Begießen mit verdünnten Säuren, — bereits in kaltem Zustande — unter Entwickelung von Kohlensäure stark auf.

Unter Marmor pflegt man in der Technik einen dichten oder körnigen Kalkstein (u. a. auch Dolomit) zu verstehen, welcher mit ausreichender Festigkeit Farbenschönheit verbindet und sich gut polieren läßt. Auf die einzelnen Marmorarten, welche sich in den verschiedensten Kalksteinformationen finden, sowie auf ihre Haupteigenschaften, ihr Vorkommen und ihre Verwendung ist weiter unten im Zusammenhange eingegangen.

Die Kalksteine sind ungemein verbreitet; die körnigen Arten kommen meist in regelmäßigen Lagern, Stöcken und Gängen vor, während die dichten und erdigen Kalkgesteine mächtige Gebirgsmassen und Ablagerungen bilden.

Nach ihrem geognostischen Alter werden die folgenden Arten von Kalksteinen unterschieden[1]).

1. Grauwackenkalkstein, auch Übergangskalkstein genannt, der Silur- und Devon-Formation angehörend, bildet ein gleichartig gebildetes und -hartes, leicht zu bearbeitendes, sehr gut polierbares Gestein, welches, teils dicht, teils feinkörnig und von weiß-gelber, roter und grauer Färbung viele bunte Marmorarten, unter diesen auch Breccien liefert. Das in Stöcken, Lagern oder ausgedehnten Bergen vorkommende Gestein findet sich in Bayern im Fichtelgebirge (Hof, Stadtsteinach, Heinersreuth, in der Eifel, bei Aachen, im bergischen Lande, am Harz (Blankenburg, Hüttenroda, Elbingerode), in Schlesien, (Oels), im Sauerlande, in Sachsen, in Salzburg, Tirol, Belgien, Frankreich u. s. w.

---

1) Diese Unterscheidung ist auch für die Besprechung der Kalksteine als Baustoffe die geeignetste und von den meisten Autoren bevorzugt, da sie eine genauere Scheidung der Gesteinsarten gestattet und jedenfalls zweckmäßiger ist als eine mehrfach gefundene Einteilung in kieselige, tonige und bituminöse Kalksteine, oder in dichte, körnige, oolithische, poröse etc. Arten.

Seine Verwendung findet das Gestein als meist sehr wetterbeständiger, guter Baustein, in dünneren Lagen auch als Plattenstein (z. B. die schwedischen Fliesen von bläulicher Farbe); zum Straßenbau ist das Material nur als Trottoirstein, sowie zur Unterbettung geeignet. Zur Fahrbahntafel ist es zu weich und allzu viel Staub erzeugend.

2. Kohlenkalkstein (Culmkalkstein). Das dichte (spez. Gewicht 2,4—2,9), sehr harte und ziemlich druckfeste Gestein (K = 600—1000 kg/qcm) findet sowohl als Chausseeund Pflasterstein als auch als Baustein — im besonderen in seinen verschiedenen, hochpoliturfähigen Marmorarten — eine vielfache Verwendung.

Der zur unteren Steinkohlenformation gehörende, teils reine, teils mit Eisen, Bitumen, oft auch mit Kieselerde versetzte Kohlenkalkstein, tritt in dicken Blöcken oder plattenförmig gelagert auf; er ist vielfach einfarbig dunkel, bald grau und schwärzlich, hin und wieder auch hell (weiß, rot, gelblich) gefärbt. Fundorte sind: Das westfälische Steinkohlengebiet, die nördliche Eifel, Iserlohn, Arnsberg, der Harz (grau, stark geadert), das Lahntal (Nassauer Marmor), Thüringen (der grüne, schwarze und violette Saalburger Marmor), Sachsen (Wildenfels), Belgien (sogen. belg. Granit) u. s. w.

3. Zechstein. Das zur Diasformation gehörende, dichte, schwer bearbeitbare, deutlich geschichtete Gestein zeigt meist graue Färbung und einen Gehalt an Ton oder Bitumen. Vorwiegend als sehr guter wetterbeständiger Baustein verwandt, findet er sich als unterste Schicht des Muschelkalkes am südlichen Rande des Harzes, in Thüringen, im Mannsfeldischen und bei Eisleben, in Hessen (bei Frankenburg), bei Hanau, am Spessart, in Sperenberg südlich von Berlin u. s. f.

4. Muschelkalk. Das vorwiegend aus Schaltierversteinerungen bestehende Gestein zeigt meist große Schwere und Härte, ist für gewöhnlich dicht, selten körnig, häufig mit Einsprengungen von Kalkspatkörnern versehen, hin und wieder auch durch Aufnahme von kohlensaurer Magnesia dolomitisch, seltener bituminös. Es ist fast stets einfarbig rauchgrau bis bläulich, auch gelblich und rötlich. Die Druckfestigkeit des dichten Materials liegt zwischen 600 und 1200 kg/qcm; als Mittelwert empfiehlt sich etwa 700 kg/qcm.

Abarten sind: der in dünnen Ablagerungen vorkommende graugelbe Wellenkalk mit wellig runzeliger Oberfläche, sowie der weiche, fein porige und fast schwammartige Schaumkalk.

Der Muschelkalkstein liefert einen vorzüglichen Luft-, wenn tonhaltig, auch einen guten Wassermörtel; seine härteren und dichteren Arten finden vielfach als Marmor (mit durch die Versteinerungen hervorgerufenen schönen Zeichnungen) sowie als gute Hau- und Bruchsteine zu Stufen, Platten, Fliesen u. s. w., ferner zu Straßenpflastern und Chaussierungen Verwendung. Bekannte Fundstellen sind in Bayern: Rothenburg, Bayreuth, Würzburg, Kreuzberg, Schweinfurt, — in Thüringen: Eichsfeld, Reifenstein, Jena, Weimar, Nordhausen, — in Württemberg: Cannstadt und Heilbronn, — ferner Göttingen, Hildesheim, Heidelberg, Paderborn, Rüdersdorf bei Berlin (sehr bedeutend) u. s. w.

5. Liaskalk. Das zur Kalkfabrikation geeignete, auch einen guten Baustein liefernde Material ist feinkörnig bis dicht, zähe, schwer teilbar und von meist dunkelgrauer, brauner oder schwärzlicher Farbe. Vielfach finden sich Beimengungen von Eisen, Ton und Bitumen; manchmal treten auch Muschelversteinerungen auf (Lumachel-Marmor).

Bekannte Fundorte in Deutschland sind: Die Gegend von Rastatt in Baden, Neumarkt in der Oberpfalz, Wasseralfingen in Württemberg, Bauz in Oberfranken u. a. O. —

6. Oolithische Kalksteine, auch Rogensteine genannt, vorwiegend in die Dogger- (oder braune Jura-) Formation gehörig, zeichnen sich durch ihre Struktur, runde hirse- bis erbsenkorngroße Körner in dichtem Kalk eingewachsen oder durch ein tonig-

mergeliges Bindemittel verbunden, gegenüber anderen Kalksteinen aus. Das bald weiße oder hellfarbene, bald graue und dunkelfarbene, vielfach auch durch Eisen rotbraun gefärbte Material wird in seinen dichtesten und gleichartigsten Sorten zu Bildhauerarbeiten, sonst als Hau-, Bruch- und Plattenstein, im Straßenbau und zur Herstellung von Mörtel verwendet. Es findet sich in großer Mächtigkeit im Juragebirge, ferner im Breisgau, an der Pommerschen Küste, auf Rügen, in Bernburg a. d. Saale (K = 1368 kg/qcm, bei Eisleben, Sangershausen, Wernigerode, Sandersleben u. s. f.

7. Jura-Kalkstein. Das sehr widerstandsfähige, feine, meist helle Farbentöne (weiß, gelblich, rötlich, graublau) zeigende Gestein findet eine umfassende Verwendung zu Bildhauer- und Steinmetzarbeiten, als Quader und Bruchstein, seltener zu Pflaster (nur örtlich für Straßen mit geringerem Verkehre), Schotter u. s. w.; besonders wertvoll sind die äußerst dichten, feinkörnigen und gleichmäßigen Arten. Zu ihnen gehört u. a. der bläulichgraue Lithographenstein von Solnhofen in Bayern.

Fundorte sind: der Schweizer Jura, der Schwarzwald, die Alp in Württemberg, in Bayern die Gegend nördlich von Donauwörth, das Donautal zwischen Kehlheim und Regensburg, die Gegend von Goslar, Hildesheim, Minden, der südliche Teil des Deister im Hannöverschen.

Im unteren Jura finden sich sehr oft hell und dunkelbraun geaderte, gefleckte, geflammte Gesteine, welche, schöne Politur annehmend, als Marmorarten sehr geschätzt sind, im besonderen, wenn eingeschlossene Versteinerungen die mannigfachsten Zeichnungen abgeben. Manche dieser Marmorarten erscheinen vielfach aus zertrümmerten und vollkommen geradlinig wieder angefügten Stücken zusammengesetzt; sie führen den Namen Trümmer- oder Ruinen-Marmor.

8. Alpenkalkstein ist eine allgemeine Bezeichnung für alle deutlich geschichteten Kalksteine des Alpengebietes, welche zur Trias-, Jura- sowie Kreideformation gehören und viele schöne Marmorarten enthalten. Sie bestehen nur selten aus kohlensaurem Kalk allein, enthalten vielmehr in geringerer oder größerer Menge tonige, kieselige oder dolomitische Bestandteile, Metalloxyde verschiedenster Art u. s. f.

Besonders gewaltige Ablagerungen zeigen die nördlichen und südlichen Alpenketten der Schweiz, die oberösterreichischen Alpen, das Salzkammergut, die bayerischen Vor alpen u. Alpen. Bekanntere nach ihren Fundorten benannte Arten sind: der Guttsteiner-, Wettersteiner-, Hallstädter-, Dachsteiner-, Hierlatzer-, Adnether-Kalk, der rote Jurakalk der Alpen u. s. w. Die Kalke zeigen vorwiegend rote, braune, graue und schwarze Färbung mit den verschiedensten Verschmelzungen und Tongebungen. Ihre Verwendung ist eine ganz allgemeine, umsomehr als sie meist in sehr großen Stücken gebrochen werden können. Die wenig verunreinigten hellen Sorten — und zwar sowohl aus dem Felsen gebrochen, als auch in Form von Lesekalk aus den Gebirgsflüssen gesammelt — werden gern zur Herstellung von Mörtel verwandt.

9. Kreide. Das lockere, feinerdige und zerreibliche, aus den Ablagerungen mikroskopisch kleiner Panzertierchen gebildete Material besitzt für gewöhnlich die Härte 1, wird aber durch Beimengungen von Ton, Eisen, Quarzsand u. dergl. vielfach fester und kann alsdann (örtlich) als Baustein zu untergeordneten Baulichkeiten Verwendung finden. Durch diese Beimengungen ändert sich auch die sonst rein weiße Farbe der Kreide in grau oder gelb; zugleich nimmt hierbei die sehr erhebliche Wasseraufsaugefähigkeit ab. Gewöhnliche Kreide findet Verwendung als Schreibmaterial, in der Glas- und Zementfabrikation, als Grundputz für Kalkfarbe und zur Verdickung dieser, ferner als Schleif-, Polier-Mittel u. s. w.

Zur Kreide gehört auch der durch weitere Verhärtung dieser entstehende, einen

brauchbaren Baustein abgebende Pläner Kalk, ein feinerdiger, tonhaltiger oder sandiger Kalkstein von aschgrauer bis gelblichweißer und grauer Färbung, teils dicht, teils mergelig, teils körnig, zuweilen auch mit dunkleren Streifen geflammt. Kreide und Pläner Kalk haben eine große Verbreitung. Fundstellen in Deutschland sind: die Insel Rügen (bei Stubbenkammer), die Insel Möhn, Wollin (graue Kreide), Holstein, die Gegend von Paderborn, Osnabrück, Goslar (sogen. Hilskalkstein, ein Übergang zum Pläner Kalk und als Baustein verwandt), ferner das Donautal zwischen Kehlheim und Regensburg, der Harz, Schlesien die Gegend von Dresden (guter bei Hochbauten viel verwandter Pläner Kalk) u. s. w.

10. Grobkalk, ein vorwiegend aus Schnecken- und Muscheltrümmern gebildetes, in der Architektur sehr geschätztes Material, von sandigem Aussehen, besonders bei Hinzutritt von Quarz. Die Struktur ist grobkörnig, die Oberfläche rauh, die Härte sehr verschieden, die Färbung meist hell, gelblich, weiß, grau, ockergelb bis braun, selten grünlich. Besonders berühmt ist der Grobkalk des Pariser Beckens, der frisch gebrochen, sich sehr leicht bearbeiten, sägen, hobeln, abdrehen u. s. w. läßt, zu Bildhauerarbeiten sowie zu den kunstreichsten Ornamenten, Gliederungen und dergl. verwandt wird, an der Luft später bedeutend erhärtet und sich als wetterfest bewährt hat. Andere Fundstellen eines ähnlichen als Bildhauer- wie Monumentalstein sehr geschätzten, bis auf weite Entfernungen versandten Materials sind: Caëns in der Normandie (K = 242 kg/qcm), Savonnières (im Dep. Meuse, Französ.-Lothringen, K zwischen 70 und 200 kg/qcm), die Gegend von Metz (Jaumont-Stein nach den bei Jaumont- und St. Privat gelegenen Steinbrüchen benannt, gelblicher feiner Stein mit K = 270 kg/qcm), sowie Arco in Südtirol.

Hierher gehören auch der Kalkstein von Mainz, der Nummulitenkalk[1]) von Bayern (am Gräten bei Sonthofen, bei Traunstein u. a. O.) sowie die berühmten Wiener Leitha-Kalksteine.

11. Kieselkalkstein — auch Granit-Marmor genannt, ist ein sehr dauerhafter, lichtgrau bis bräunlich gefärbter Kalkstein, aus Kalkspat und grauschwarzen, konglomeratisch beigemengten Kieselkörnern gebildet, welche dem Stein ein granitähnliches Aussehen verleihen. Das sehr harte und wetterbeständige Material findet sich nur an wenigen Stellen der bayerischen Voralpen (Neubeuern, Rosenheim) und besitzt vorwiegend lokale Bedeutung (Monumentalbauten Münchens).

12. Kalktuff und Kalksinter. Hierunter versteht man jüngere und jüngste Kalkbildungen, welche sich als Niederschläge an kohlensäurereichen und kalkhaltigen Quellen u. dgl. gebildet haben oder noch bilden und daher auch den Namen Süßwasserkalke tragen. Es sind meist poröse, blasige, zylinderförmige Inkrustate von Pflanzenstengeln, Blättern und sonstigen organischen Körpern, auch Schnecken- und Muschelresten u. dergl. Kalktuffe geben ein leichtes, dabei gleichmäßig festes, sehr trockenes und gesundes Mauerwerk und eignen sich gut zur Herstellung leichter Gewölbe.

Hierher gehören die zarten, durchscheinenden, sogen. Onyxmarmore, auch Kalk-Alabaster genannt, welche Brasilien, Mexiko, Nordafrika u. s. w. liefern, ferner der Travertin, der bekannteste zwischen Rom und Tivoli in der Champagna sich findende Baustein des alten Roms, Tropfsteingebilde, der Karlsbader Sprudelstein u. a. m.

Gute Bausteine liefern in Deutschland: die Gegend von Weimar (K = 1600 kg/qcm), Langensalza, Ehringsdorf, Greußen, Eisenach in Thüringen, Göttingen, Heiligenstadt, Mühlhausen, Meißen a. d. E., Veltheim in der Provinz Sachsen (K = 585 kg/qcm), der schwäbische Jura, (Casendorf, Greifenberg, Streitberg), die bayerischen Alpen (Miesbach, Tölz, Weilheim (K = 85 kg/qcm) u. s. w.

[1]) Nummulitenkalk findet sich ferner u. a. in großen Lagern in Ägypten und bildete das Baumaterial für die Pyramiden.

Mauerfraß. Kommt Kalksteinmauerwerk, im besonderen solches aus mergeligen Steinen (oder Kalkmörtel) in Berührung mit stickstoffhaltigen bezw. verwandten Stoffen, so bildet sich auf der Stein- (oder Mörtel-) Oberfläche Kalksalpeter, ein leicht zerfließliches, Wasser aufsaugendes Salz, welches eine allmähliche Zerstörung des Mauerwerkes einleitet und bewirkt, hierbei das Mauerwerk stark durchfeuchtend. Letzteres zeigt demgemäß zunächst nasse Stellen, welche nur bei großer Wärme und Trockenheit verschwinden, dann aber meist kristallinische Ausblühungen, auch schimmelartige Bildungen in Gestalt von schmutzigem Schleim zurücklassen.

Eine ähnliche Erscheinung tritt ein bei der Berührung von Kalksteinmauerwerk und vegetabilischer Erde. Hier bildet sich neben auswitternden, unschädlichen Salzen Chlorcalcium, welches zunächst das Entstehen eines schmierigen Überzuges, allmählich die Erweichung und Zerstörung des Gesteines (bezw. des Kalkmörtels) zur Folge hat. Alle diese Vorgänge, welche die Auflösung des kohlensauren Kalkes im Mauerwerk zum Endziel haben, bezeichnet man mit dem Namen Mauerfraß.

Als bester Schutz gegen sein Auftreten ist zu nennen: die Verwendung vollkommen trockener, sandiger oder lehmiger Hinterfüllungserde, die von allen pflanzlichen und tierischen Überresten frei ist, sowie die Fernhaltung jeglicher Verunreinigung vom Kalksteinmauerwerk. Als zweckmäßiges Vorbeugungsmittel kann auch ein Anstrich des Mauerwerkes mit verdünnter Schwefelsäure dienen, wodurch sich trockene, beständige Salze auf der Mauerwerksoberfläche bilden.

Ist das Mauerwerk bereits, zunächst aber erst oberflächlich — angegriffen, so wird es in den meisten Fällen noch ausreichend sein, seine Außenfläche von der bereits zerstörten Schicht zu reinigen, die Fugen gut auszukratzen und einen starken Zementverputz, oder einen Asphaltüberzug aufzubringen. Ist die Zerstörung des Mauerwerkes schon erheblich in das Innere desselben eingedrungen, so bleibt in der Regel nichts übrig als das angegriffene Mauerwerk zu beseitigen und dasselbe durch Ziegelsteinmauerwerk in Zementmörtel oder dergl. zu ersetzen.

Marmorarten.

Wie bereits auf Seite 39 hervorgehoben, versteht man unter Marmor einen Kalkstein, der sich — gleichgültig, ob dicht oder körnig — durch Farbenschönheit und Politurfähigkeit auszeichnet. Die Färbung kann einheitlich oder bunt sein, das Gestein aus gleichartigen oder verschiedenen Teilen bestehen. In letzterem Falle können Adern, Einsprengungen, Versteinerungen u. s. w. die Grundmasse beleben. Zeigt ein Marmor Breccien-Struktur, so nennt man ihn Breccia-Marmor, bezw. wenn die einzelnen Einsprengungen klein sind, Brokatell-Marmor. Treten Muschelversteinerungen auf, so ist die Bezeichnung Lumachel-Marmor, nimmt die Aderung eine baumartige Zeichnung an, der Name Dentrischer Marmor in der Technik eingeführt.

Das spezifische Gewicht der Marmorarten schwankt im allgemeinen nur wenig und liegt zwischen 2,6 und 2,8, ihre Härte ist meist 3; ihre Druckfestigkeit liegt zwischen 350 und 2000 kg/qcm, bewegt sich also in sehr weiten Grenzen. Nach der Verwendungsart unterscheidet man zwischen dem Statuen-Marmor und dem Architektur-Marmor. Für ersteren ist wichtig vollkommene Gleichmäßigkeit der Struktur und Härte, Reinheit der Farbe, Lichtdurchlässigkeit und Kristallglanz (Lüster); auch muß das Material leichte Formgebung gestatten, darf also weder zähe noch spröde sein.

Bei dem Architektur-Marmor kommt es vorwiegend auf ausreichende Festigkeit, Farbenschönheit, Harmonie der Farben und Politurfähigkeit an. Kräftige buntgefärbte

Marmore werden meist im inneren Ausbau verwendet, weil sie im Freien oft verblühen und ihre Politur hier stumpf wird; im besonderen gilt dies von den schwarzen, schwarzgrauen, blauen und überhaupt vielen farbensatten Arten. Hingegen halten sich einfarbige, helle Arten (weiß, hellgelb, hellrötlich, hellgrau) auch im Freien, besonders wenn sie poliert sind, einigermaßen beständig. Nur selten tritt auch im Laufe der Zeit eine Vertiefung der Farbe — eine Art Patina auf, indem sich gelbliche oder weißliche Gesteine bräunlich bis ganz braun färben [1]).

Stark quarzhaltiger Marmor läßt sich schwer bearbeiten; wenig gut sind Arten mit starkem Ton-, Eisen-, Talk- oder Chloritgehalt; besonders die letzten beiden Beimengungen verhindern oft eine gute Politur, indem sie den Stein „schmierig" machen.

Wenn auch viele südliche Marmorarten sich im Süden gut gehalten, so ist, wie auf Seite 16 bereits kurz hervorgehoben, noch lange nicht gesagt, daß sie unter den ganz anders gearteten klimatischen Verhältnissen nördlicher und gemäßigter Zonen denselben Bestand zeigen werden; hier tritt vielmehr oft infolge der Auflösung des Marmors durch den stets etwas Kohlensäure enthaltenden Regen und Schnee, weiter durch die Einwirkung von Flechten und Mosen, vorwiegend aber durch die mechanische Arbeit des Frostes und der immerwährenden, oft nicht geringen Temperaturunterschiede eine Verwitterung ein; hierzu kommt noch in industriereichen Städten die schädliche Einwirkung der stets schwefelige Säure enthaltenden Rauchgase u. dergl.

Wichtig ist ferner, daß der Baublock aus dem Kern des Bruches entnommen, und vollkommen ausgetrocknet ist; wenn sich auch der Stein im feuchten Zustande leichter bearbeiten läßt, so ist er doch gerade alsdann der Frosteinwirkung besonders ausgesetzt.

Nachstehend sind die wichtigeren Marmorarten [2]) — zunächst die deutschen, dann einige fremdländische — zusammengestellt. Die hierbei benutzten Abkürzungen bedeuten: M = Marmor, f. = fest, s. f. = sehr fest, w. = wetterbeständig, kr. = kristallinisch, J. = nur im Innern zu verwenden, F. = Formation, Br. = Breccie, brg. = breccienartig.

I. Deutschland.

a) Bayern:

1. Berchtesgadener-M. = roter Hallstätter-Kalkstein, hell bis dunkelrot oder braun, gleichmäßig oder mit weißen, gelben oder grauen Adern, zuweilen breccienartig, auch grauer Dachstein-M., K = 600—700 kg/qcm, Trias-F. 2. Tegernsee-M., dunkelrot, mit hellen und weißen Flecken und Adern, K = 975 kg/qcm, Jura-F. 3. Treuchtlingen-M., sehr fein und dicht, gelb oder blaugrau, Jura-F. 4. Kehlheimer-M., Korallenkalk, sehr dicht, teils dünnplattig und weiß oder gelblich rot, w., K = 600—800 kg/qcm, Jura-F. 5. Sandharlander-M., halbkristallinisch, von warm-gelber Färbung, w., K = 1000 kg/qcm, Jura-F. 6. Reichenhaller-M., dicht, weiß-gelblich, s. f., w. K = 1300—1500 kg/qcm, Kreide F. 7. Bayerischer Granit-M. (Neubeuerner oder Rosenheimer Granit-Marmor), hellgrau, fein, sehr dicht, mit dunklen Kieselteilen und weißen Kalkeinsprengungen, vollk. w., Tertiär-F. 8. Enzenauer-M., s. f. u. w., rot mit weißen Versteinerungen. Nummlitenkalk, Tertiär-F.

b) Braunschweig:

Rübeländer-M., z. Z. wenig mehr verwandt, schwarz mit grauen oder dunkelrot mit hellroten und weißen Adern und weißen Versteinerungen, Devon-F.

c) Hessen-Nassau:

1. Auerbacher-M., hellgrau, f., w. Urkalk, K = 600—1600 kg/qcm, Devon-F. 2. Villmar a. d. Lahn, fein, mittelm. hart, schöne Politur, J. Arten: Arfurt, dunkelgrau und weiß; Bongard, lichtrot mit weiß und grau, lichtrote Adern; Borngrund, hellrot, grau getigert oder grauweißlich mit gelben Adern; Castell, rotgrau mit grünen Flecken; Famosa, graurot oder grau und gelb, brg.; Gretenstein, graurot oder violett mit roten und weißen Flecken; Mariekäth, hellgrau; Seelbach, Br. lichtrot, blaue

[1]) Ein Beispiel hierfür gibt der pentelische Marmor der Prachtbauten Athens.

[2]) Vergl. Die modernen Marmore und Alabaster von Heinrich Schmid, Ingenieur und Professor der Staatsgewerbeschule zu Wien. Leipzig und Wien, 1897.

und weiße Trümmer mit dunkelrotem Kitt; Schupbach, tiefschwarz mit schneeweißen geradlinigen Adern; Unica, brg. violettgrau mit dunkelroten Partien und grauweißen Adern und Versteinerungen. 3. Balduinstein a. d. Lahn. Arten: Brunhildenstein, kirschrot und blutrot mit weißen Adern und einzelnen gelben und blauen Flecken, sehr schönes Dekorationsmaterial; Zephir, blutroter Grund mit weißen und grauen Flecken und Adern; Adlerstein, schwarz mit grauen und gelblichweißen Adern; Höllenwand, schwarz mit weißen Adern.

d) Schlesien:

1. Kunzendorfer-M., weiß oder bläulichgrau, bräunlich gebändert, feinkörnig, mit prächtigem Lüster, sehr f. u. w., Urkalk-F. 2. Prieborner-M., schwarz, auch blaugrau gefärbt, feinkörnig, im Freien ausbleichend, Urkalk-F. 3. Kauffunger-M., milchweiß oder rötlichweiß bis bläulichgrau, sehr fein, kr., Urkalk-F. 4. Seitenberger-M., weißer ins rötliche spielender M., sehr dicht, kr., mittelfein, Urkalk-F. 5. Wolmsdorfer-M., feinkörnig, weiß, rosa, blaugrau oder gelblich.

Schlesische Dolomitarten. 1. Rothenzechauer-M., weiß mit gelbgrüner oder rötlicher Aderung, w., mittelfein. 2. Kunzendorfer-M., schneeweiß, feinkörnig, zu Bildhauerarbeiten geeignet, w.

e) Rheinland:

1. Eifeler-M., s. f., blaugrau und weiß gefleckt, einige Sorten ähnlich dem belgischen Granit, w. K = 1500 kg/qcm (von Cornelymünster), Carbon-F. 2. von der Urft, gelblich bläulich, rot und weiß geadert oder ganz grau oder rot, f. hart. Oberdevon-F.

f) Thüringen:

Saalburger-M., s. f., dicht; besonders schön die grünen Marmorarten; meergrün, dunkelgrün oder blaugrün; auch violett, hell- und dunkelgrau und schwarz; einfarbig, geflammt, gewölkt, Silur-F.

g) Westfalen:

Mecklinghauser-M., fein, dicht, sehr druckfest, K = 1720 kg/qcm, J., rotbraun mit lichten Flecken, oder graugrüner M. mit dunklen Adern, brg., oder schwarzer M. mit grauen und roten Adern, sowie weißen Flecken, oder grau mit grüner und weißer Aderung, Devon-F.

II. Belgien.

1. Blanc clair oder Blanc puissant von Merbes le Château, weiß, f., mit bläulichen Adern, Devon-F. 2. Petit antique, tiefschwarz mit weißer Zeichnung; Brüche bei Roisin, Angre, Autreppe u. a. O., Devon-F. 3. Roter belg. M., meist feurig rot mit kräftiger weißer Aderung und grauer oder bläulicher Flammung, J., erblindet außen bald. 4. Saint-Anne, schwarzgrau mit hellgrauen Blumen, weißen Flecken und Adern; als Plattenmarmor sehr weit verbreitet; Brüche: La Buissière, Gougnès, u. a. 5. Noir belge, tiefschwarz; Brüche: Mazy-Golzinne, Dinant, Basecles, K = 700 kg/qcm, Devon-Carbon-F. 6. Granite belge, Petit granite, belgischer Granit, schwarzer Grund mit weißen Versteinerungen, s. f. w., Farbe und Politur auch im Freien ziemlich haltbar, Steinkohlen-F., Brüche: Ecaussines, Soignies, Esneux, Poulseur. 7. Bleu belge, blauschwarz mit mehr oder weniger breiten, weißen Adern: Brüche: Bioulx, Falaën, Bouffieulx; K = 620 kg/qcm, Carbon-F.

III. Österreich.

1. Untersberger-M. Leicht rötlich oder gelblich mit weißen Flecken und roten auch schwarzen Punkten, sehr hart und druckfest, w. auch bezgl. der Färbung, K = 1900 kg/qcm senkrecht zur Druckfläche, parallel zu dieser: 1600 kg/qcm, Kreide-F. Die Hauptbrüche am Untersberg sind: 1. Der Hofbruch, Material zartweiß, gelblichrot mit hellfarbenen Stellen. 2. Der Neubruch; er liefert den „Forellenmarmor", ein gelblich graues Material mit schwachen grünlichen Adern sowie rot und weißen Tupfen. 3. Der Mittelbruch ergibt einen gelblich und rötlich gefärbten Marmor mit weißen kleinen Stellen. 4. Der Veitbruch, Marmorkonglomerat mit sehr feingefügtem gelblichem Grunde und roten, schwarzen und weißen Einsprengungen. 2. Adnether-M. lebhaft bunt, J. rot, grün, braun, mit schwarzen und weißen Flecken oder weiß mit rosa, gelbrosa mit dunkelroten und weißen Flecken, oder grau, dunkel und hell, Trias-F. 3. Desgl. der Lias angehörend, feurigrot mit weiß, blaugrau mit weiß, rot mit grau und weiß. 4. Laaser (Vintschgauer)-M. (Tirol), nächst Carrara das edelste Material, mittelfeines Korn, milchweiß mit leichtem Stich ins Gelbliche, zuweilen ins Bläuliche, schöner Lüster, an den Kanten stark durchscheinend, fester als Carrara u. w., nimmt schöne Patina an, ein sehr warmes Material für große Standbilder, K i. M. = 800 kg/qcm Am besten sind die Brüche der Jennwand bei Laas, alsdann im Göflauer- und Mortelltal, bei Montani Kastellbell u. s. w., Qual. II für Arch., Urkalk-F. 5. Sterzinger-M., f., w., K = 600 kg/qcm, weißes oder bläuliches Material für die Monumental-Architektur. 6. Saubsdorfer-M. (Schlesien), weiß, hellblau, bläulich, s. f., w., K = 1000 kg/qcm, Urkalk-F.

IV. Italien.

1. Veroneser-M. (Marmo di San Ambrogio), eine Anzahl roter und gelber Juramarmore, Dekorationsgestein i. J. Wichtigere Arten: Rosso di Verona, rot mit gelbrot. Brocatello rosso vivo, blutrot mit lichten Flecken, Persichino, pfirsichfarben. 2. Portor di Portovenere (Prov. Genua), J., tiefschwarzer Grund mit schwefel- bis goldgelben und weißen Adern, Trias-F. 3. Statuario di Carrara, weiß mit schimmerndem Glanze, bedeutend durchsichtig, Qual. I., rein weiß, vollkommenstes Statuenmaterial, besser wie jeder griechische, Trias-F. 4. Marmo bianco chiaro aus Carrara und Seravezza, weiß mit viel bläulichen Adern; sehr häufig angewandter Architektur-Marmor, Trias-F. 5. Bardiglio turchino aus Carrara, Massa, Seravezza, himmelblau, blaugrau, teils einfarbig, teils mit hellen oder dunklen Adern, Trias-F. 6. Paonazzo di Carrara, meist mit violettschwarzen Adern, Trias-F. 7. Giallo di Siena, prachtvolles Architekturgestein, schön hochgelb, zart weiß geadert (Giallo unito), mit roten bis schwarzen Adern (Giallo brecciato), Jura-F.

V. Frankreich.

1. Griotte, dunkelbraunroter Grund mit weißen oder hellen Flecken oder Adern, Gegend von Narbonne (Caunes), in den Pyrenäen. 2. Jaune, gelber dichtkörniger M. verschiedenen Ursprungs. 3. Lumachelle, gelbbraun oder braun, reich an weißen Versteinerungen (Hainaut, Narbonne, Argonnerwald). 4. Joinville, grauer M. von Joinville und anderen Fundorten. 5. Languedoc (Incarnat), scharlachrot mit breiten weißen Flammen, dicht, J., v. Caunes Dep. Aude, Devon-F. 6. St. Béat oder Blanc de Saint Béat, für Skulpturen von französischen Künstlern viel benutzt, weiß und bläulichweiß von St. Béat, Dep. Haute-Garonne, Jura-F.

VI. Griechenland.

1. Pentelischer M. (Marmo greco fino), milchweiß mit schwachem Stich ins bläuliche oder gelbliche, sehr feinkörnig, nicht stark durchscheinend, durch Eisenoxyd wird die schön goldbraune Patina hervorgebracht, durch Glimmer oft streifig; erstes Material der griechischen Architektur, auch im alten Rom viel verwandt. 2. Hymettischer M. (Marmo imezio), graublau mit weißer Streifung, bes. von den Römern verwendet zu Säulen. 3. Parischer M. (Marmo greco duro), fast chemisch reiner kr. Kalkspat, ziemlich grobkörnig, schneeweiß mit bläulichem Stiche, schimmernd, sehr durchscheinend, berühmter Bildhauer-M. der griechischen Künstler; Brüche, nach vergeblichen Versuchen, größere Blöcke zu bekommen, nicht mehr im Betriebe. 4. Rosso antico, kirschrot, schwarz geadert oder dunkelrot, weiß geadert und gefleckt; von den Römern viel verwendet, in der Nähe des Kap Matapan gebrochen.

2. Dolomit. Reiner Dolomit besteht aus Dolomitspat, einer Verbindung[1]) von kohlensaurem Kalk mit kohlensaurer Magnesia, und zwar im Verhältnis von 54 : 46 %. Tritt zu diesen Bestandteilen noch freier kohlensaurer Kalk hinzu, so entstehen die Dolomit-Kalke. Als accessorische Beimengungen treten vielfach auf: Eisen- und Manganoxyde, Schwefelkies, Glimmer, Serpentin, Talkstein, Quarz, Hornsteinknollen u. a. m.

Das, ähnlich dem Kalkstein, in verschiedensten Zeiten der Erdbildung vorkommende Material zeigt mannigfache Formen. Nach der Struktur unterscheidet man:

1. Den körnigen Dolomit, fest oder lockerer gefügt, mit glas- bis perlmutterartig glänzender Bruchfläche, an den Kanten durchscheinend und meist von gelblicher, graugelber, seltener von grünlicher, brauner, roter oder rein weißer Färbung, mitunter auch gefleckt und geflammt (Flammendolomit). Dies Gestein ist in der Regel gut wetterbeständig, und liefert die Dolomit-Marmore; unter diesen sind besonders bemerkenswert der sehr feinkörnige, schneeweiße, ziemlich durchscheinende Marmor von Kunzendorf in Schlesien, ein für Bildhauerarbeiten und Monumentalbauten sehr geschätztes Material, sowie der Dolomitmarmor von Rothenzechau bei Landshut in Schlesien, dem vorgenannten Gestein ähnlich, jedoch mit grünlicher oder rötlicher Aderung, sehr schön und wetterfest, vielfach als Wandbekleidung zur Verwendung gebracht.

2. Rauchwacke oder Rauchkalk, ein von kleinen und größeren Zellen vollkommen

---

[1]) Daß eine Verbindung vorliegt, ergibt sich u. a. daraus, daß der den Dolomit zum Teil bildende kohlensaure Kalk in der Kälte in Essigsäure nicht lösbar ist.

durchsetztes, kavernöses, meist rauchgrau gefärbtes Gestein, entstanden wahrscheinlich durch Auflösung des freien kohlensauren Kalkes aus Dolomitkalken.

3. Dichter Dolomit. Das einem dichten Kalkstein sehr ähnliche Gestein zeigt meist weißliche, gelbliche oder graue bis braune Färbung; wegen vielfacher Rißbildung und Zerklüftung ist seine Wetterbeständigkeit in der Regel geringer als die der körnigen Arten.

Als weitere Abarten sind noch zu nennen:

Plattendolomit, durch feinere oder stärkere Zwischenschichten von Letten plattenförmig abgelagertes Gestein, in der Zechsteinformation des sächs. Erzgebirges sich findend (bei Ostrau, Mühlen, Geithain, Meerane—Crimmitschau) und vorwiegend zur Kalkherstellung verwendet;

Wellendolomit, so genannt infolge der wellenförmigen Runzeln auf der Oberfläche seiner Bänke u. a., in Thüringen sowie im oberen (deutschen) Rheintal sich findend.

Gegenüber dem Kalkstein unterscheidet sich Dolomit sowohl durch sein höheres spezifisches Gewicht = 2,85—2,95 als auch durch seine größere Härte = 3,5—4,5, vorwiegend aber durch seine erheblich geringere Angreifbarkeit von Säuren; so braust normaler Dolomit mit HCl übergossen fast gar nicht auf; dies tritt erst ein bei dem gepulverten Materiale und in erwärmtem Zustande; ferner ist Dolomit in der Kälte und in Essigsäure nicht lösbar. Wenn auch Dolomit im allgemeinen nicht so leicht wie Kalkstein der Verwitterung ausgesetzt ist, so wird er doch in Fabrikstädten durch die im Kohlenrauch enthaltene schwefliche Säure stark angegriffen.

Die Druckfestigkeit des Gesteines (K) liegt zwischen 400 und 1300 kg/qcm; die Biegungsfestigkeit zwischen 60 und 180 kg/qcm; die Scherfestigkeit beträgt etwa 70, die Zugfestigkeit 10—36 kg/qcm. —

Bekanntere Fundorte sind neben den vorgenannten schlesischen und sächsischen Orten die Gegend von Eisenach (Ebershausen), Saalfeld in Thüringen, Anröchte im Kreise Lippstadt (K = 1050 kg/qcm), Vorwohle in Braunschweig (K = 870 kg/qcm), ferner in Bayern: Ingolstadt, Neustadt a. D., Neuburg a. D., Viesenhofen (K = 1000 kg/qcm), Buchberg (K = 1300 kg/qcm) und andere Orte mehr; vor allem kommt Dolomit in großen zusammenhängenden Massen in dem Dolomitgebirge Südtirols vor.

Seine Verwendung findet das Gestein zu Steinmetzarbeiten und Hochbauten aller Art, im besonderen in seinen körnigen Arten; ferner ist es sehr geschätzt zu Wasser- und Brückenbauten, findet weiter viel Verwendung zum Brennen von Kalk, zur Erzeugung künstlicher Zemente, bei der Herstellung basischen Flußeisens u. s. w.

3. Gips und Anhydrit. Gips — ein einfach kristallinisches Gestein — besteht aus schwefelsaurem Kalk und chemisch gebundenem Kristallwasser (rund 21%). Seine Struktur ist entweder faserig, schuppig, körnig oder dicht, sein Glanz besonders auf den stark hervortretenden Spaltungsflächen perlmutter- oder seidenartig, seine Farbe rein weiß, grau, bläulich oder rötlich; das spez. Gewicht beträgt 2,2—2,96 (i M. 2,32), die Härte 1,5—2,0, die Druckfestigkeit 50—70 kg/qcm. Das sehr wenig wetterbeständige Material findet sich, eingesprengt, in großen Linsen und Stöcken oder in Lagern von oft erheblicher Mächtigkeit, und zwar in fast allen Formationen, vorwiegend aber im Zechstein und in der Trias. Hauptfundorte sind der südliche Harz (Osterode, Ilfeld, Walkenried), die Grafschaft Mansfeld, Staßfurt, der Nord- und Südrand des Thüringerwaldes (Reinhardtbrunn, Liebenstein), die Gegend von Hainroda, Jena, Lüneburg, Seegeberg in Holstein, Berchtesgaden, Hallein, Aussee u. s. f.

Seine sehr vielseitige Verwendung — jedoch nicht im Freien — findet Gips

fast ausschließlich in gebranntem[1]) Zustande zu Decken- und Wandputz, Estrichen, Gipsdielen, Stuck, künstlichem Marmor, Abgüssen von Bildwerken aller Art, zu Mörtel, Glasuren, in der Glasfabrikation u. s. w.

Abarten des Gipses sind:

a) Alabaster, ein kristallinisch körniges Material von meist heller Färbung und schöner Aderung, gut polierbar, zu Luxusgegenständen, sowie zu kleineren Säulen, Wandverkleidungen u. dgl. im inneren Ausbau verwendet. —

b) Marienglas, tafelförmiger, meist vollkommen durchsichtiger Gipsspat mit starkem Perlmutter- oder Seidenglanz, baulich unwichtig.

c) Anhydrit, als wasserfreier Gips zu bezeichnen. Das grob- oder feinkörnige bis dichte, in seinen stark körnigen und schuppigen Arten gut spaltbare Gestein besitzt ein spez. Gewicht von 2,8—3,0, eine Härte von 3—3,5 und meist helle, oft graue, hellrote oder bläuliche Färbung; es findet sich an den gleichen Stellen wie Gips, läßt sich gut bearbeiten, polieren und wird als Dekorationsstein, jedoch nur im Innern der Gebäude verwandt.

4. Quarzit, Quarzfels, Quarzschiefer und verwandte Kieselgesteine.

Die hier in Frage kommenden Gesteinsarten bestehen vorwiegend aus Quarz; als accessorische Beimengen treten vielfach auf: Glimmer, Granat, Eisenkies, Magneteisen u. a. m. Die Struktur des meist hell — weiß, grau, gelblich, rötlich, selten bläulich — gefärbten Gesteines kann sowohl eine körnige bis dichte — alsdann mit grobsplitterigem Bruche — als auch eine schieferige sein; im ersteren Falle erscheint das Gestein des öfteren vollkommen sandsteinähnlich (jedoch ohne Bindemittel), im letzteren durch Glimmerplättchen oder auch durch Parallellagerung der einzelnen Quarzteilchen plattenförmig abgesondert; bei starkem Gehalt an Glimmer geht es alsdann in Glimmerschiefer über. Das spezifische Gewicht beträgt 2,5—2,8, die Härte etwa 7; die Wasseraufnahmefähigkeit des Gesteines ist gering, seine Wetterbeständigkeit sehr groß.

Das in mehr oder weniger mächtigen Einlagerungen — besonders im kristallinischen Schiefergebirge — vorkommende Gestein findet sich u. a. im Erz- und ostbayerischen Grenzgebirge, in Thüringen, Norwegen u. s. f.

Da Quarzfels sich schlecht mit Mörtel verbindet, ist seine Verwendung im Hochbau eine sehr beschränkte; hingegen ist das zähe, wetterharte, wenig Abnutzung zeigende Gestein als Pflaster- und Schotter-Material, zu Treppenstufen, zur Herstellung sehr widerstandsfähigen Betons, zu Schleifsteinen u. s. w. geschätzt.

In naher Verbindung mit dem Quarzfels stehen:

a) Der Süßwasserquarz, ein von zahllosen feinen oder größeren Poren durchsetztes Gestein von grauer, gelblicher, hell rötlicher oder bläulicher Färbung. Fundorte des in der Technik weniger verwandten Materials (vorwiegend zu Mühlsteinen) sind das Pariser Becken, die Gegend von Bonn, sowie wenige Stellen in Böhmen (Littmitz, Loewenhof, Komotau) und Schlesien (Proskau).

b) Feuerstein oder Flint, eine Kieselmasse von rauchgrauer, brauner oder schwarzer Farbe, oft scharfkantig und an den Kanten durchscheinend.

c) Der Hornstein, dem vorigen sehr ähnlich, gänzlich unschmelzbar.

d) Kieselschiefer, eine verborgen kristallinische dichte Quarzmasse, durch Ton, Kohlenstoff und Eisenoxyd verunreinigt und daher meist grau oder schwarz — selten grünlich, rot oder braun — gefärbt und oft mit rein weißen Quarzadern durchsetzt. Das im Harz, in dem südlichen Thüringer Walde, im Vogtlande, in Franken u. s. w.

---

[1]) Über die verschiedenen Eigenschaften des gebrannten Gipses je nach seiner Brenntemperatur vergl. in Heft V den Abschnitt Gips-Mörtel.

vorkommende Gestein liefert bei einer Härte = 7 und ausreichender Beständigkeit ein gutes Chaussee-Baumaterial.

e) Kieselsinter und Kieseltuff, kieselige Absätze heißer Quellen, oft von größerer Mächtigkeit, baulich von keiner Bedeutung.

f) Kieselgur (Kieselmehl, Infusorienerde), eine gelblich-weiß bis gelblich-grau und grünlich gefärbte Masse von feinerdigem, lockerem bis mehlartigem Zusammenhalte oder kreideähnlicher Beschaffenheit, gänzlich oder doch vorwiegend aus Diatomeen-Kiesel-Panzern bestehend.

Das oft in größerer Mächtigkeit im Gebiete der Tertiärformation auftretende Material findet sich am Südrande der Lüneburger Heide, in der Nähe des Laacher Sees, bei Franzensbad in Böhmen, am Vogelsberg, an verschiedensten Stellen Nordamerikas (bis zu etwa 200 m Schichtstärke) u. s. w.

Die Nutzbarmachung von Kieselgur in der Technik ist infolge ihres sehr geringen Wärmeleitungsvermögens, ihres großen Widerstandes gegen Feuer sowie des sehr geringen spezifischen Gewichtes eine sehr verbreitete; genannt sei u. a. die Verwendung zur Herstellung leichter, künstlicher Steine, als Isolier-, Wärme- und Feuerschutzmittel (z. T. in Verbindung mit Asbest, als Asbestkieselgur), als Glasur- und Poliermittel u. s. w.

5. Eisengesteine. Es sollen hier nur diejenigen Eisenerze besprochen werden, welche zur Herstellung des Roheisens Verwendung finden.

Als wichtigere Gesteine sind zu nennen:

a) Der Magneteisenstein, bestehend aus Fe_3O_4 und häufig vermischt mit Eisenglanz, Eisenkies, Kupferkies, Quarz, Kalkspat, Hornblende, Augit, Feldspat u. a. m. Die Farbe des körnigen oder dichten Gesteines ist eisenschwarz, der Strich dunkel, der Glanz metallisch; die Härte beträgt 5,5—6,5, das spez. Gewicht 4,9—5,2. Bekanntere Fundstellen des sowohl in einzelnen Lagern als auch in ganzen Magneteisenbergen vorkommenden Gesteines sind: das sächsische Erzgebirge, Nord-Böhmen, Norwegen (Arendal), Schweden[1]), die großen Magneteisenberge des Ural u. s. w.

b) Der Roteisenstein, auch Eisenglanz genannt, reines Eisenoxyd (Fe_2O_3), meist durch Kieselsäure und Ton verunreinigt; seine Struktur ist faserig (roter Glaskopf), dicht oder erdig, seine Farbe meist eisenschwarz bis dunkelstahlgrau; seine Härte beträgt 3—5, sein spez. Gewicht 4,5—4,9. Fundstätten sind: Oberschlesien (Tal der Oppa und Mora), Südost-Westfalen, das pfälzisch-saarbrückener Kohlengebirge, Belgien, England, die Insel Elba, Spanien u. s. f.

c) Der Brauneisenstein ist wesentlich ein Eisenoxydhydrat ($2\,Fe_2O_3 + 3\,H_2O$) mit Beimengung von Mangan- und Siliciumverbindungen, oft auch mit Ton gemengt; seine Färbung ist schwärzlichbraun bis ockergelb, der Strich gelbbraun, die Härte 5 bis 5,5, das spez. Gewicht 3,4—3,95.

Hierher gehören auch die Raseneisensteine oder Wiesenerze, meist stark poröse Gesteine von dunkelbrauner bis schwarzer Farbe, aus Sauerstoff- und Kieselsäure-Verbindungen des Eisens gebildet und vielfach durch beigemengten Sand, Ton, Kalk, Phosphorsäure u. s. w. verunreinigt.

Fundorte von Brauneisenstein sind: Sachsen, das Vogtland, der Harz, das Siegener Land, Westfalen, der Westerwald, Hunsrück, Oberschlesien, die Pyrenäen u. s. f.

Raseneisenerz findet sich fast überall in der großen nordeuropäischen Niederung und ist in dauernder Neubildung begriffen. —

d) Der Spateisenstein, auch Eisenspat genannt, ist eine grob- bis feinkörnige

[1]) Dannemora nördlich von Upsala, der Taberg bei Jönköping, Bisberg, Garpenberg, der Magneteisenberg Gellivara.

Vereinigung von Eisenspaten ($FeCO_3$) von gelblicher bis bräunlicher, an der Luft dunkel werdender Färbung und dem spez. Gewichte von 3,7—3,9. Als Beimengungen treten die Karbonate von Mangan, Magnesia und Kalk vielfach hinzu, zudem sind oft andere Eisen- und Kupfererze eingesprengt. Unter Einwirkung des atmosphärischen Wassers findet, wie die oberen Schichten vieler Lager zeigen, eine Umwandlung von Eisenspat in porösen Brauneisenstein statt. Wichtige Fundstellen sind: das Siegener Land, die Südseite des Thüringer Waldes (Liebenstein, Stahlberg bei Schmalkalden), ferner Kärnten, Steiermark, Siebenbürgen, die Karpathen u. s. f.

Als Abarten sind erwähnenswert:

α) Der Toneisenstein, ein feinkörniger oder dichter, mit Ton in sehr verschiedenem Verhältnisse gemischter Spateisenstein von grauer bis rötlich-brauner Färbung und einem spez. Gewichte von 3—3,5. Fundstellen — vorwiegend im Steinkohlengebirge — sind: das Zwickauer und Saarbrückener Kohlenbecken, das Siebengebirge, England (Südwales), Frankreich.

β) Der Kohleneisenstein, ein inniges Gemenge von Spateisenstein mit Kohle (bis 35 %), verunreinigt durch Sand, Mergel oder Ton. Das mattschwarze Gestein findet sich im westfälischen Kohlenbezirke, in den englischen und schottischen Steinkohlengebieten u. s. f.

§ 7. Klastische Gesteine.

1. Konglomerate und Breccien. Sobald die durch ein Bindemittel miteinander verbundenen Gesteinsbruchstücke an den Kanten und Ecken abgerundet sind, spricht man von Konglomeraten, sind die Kanten scharf, die Ecken spitz, von Breccien; letztere kommen seltener und auch in geringerer Mächtigkeit als die ersteren vor. — Die Fragmente sind mehr als erbsengroß und erlangen oft — besonders bei den Breccien — die Gestalt großer, mehrere Kubikmeter umfassender Steinblöcke. Es können sowohl Bruchstücke eines einzelnen Minerals oder Gesteines, als auch eine Anzahl verschiedenartiger Gemengteile Konglomerate wie Breccien zusammensetzen.

Das Bindemittel kann sein: tonig, eisenhaltig, kieselig, kalkig u. s. w., oder auch aus einem feinen Zement eines der Hauptgemengteile des Gesteines selbst bestehen. Die Eigenschaften des letzteren richten sich naturgemäß nach seinen wichtigsten Beimengungen wie nach der Art und Menge des Bindemittels. Die Sonderbezeichnung der einzelnen Gesteinsart ist durch das vorwaltende Gestein bestimmt.

So spricht man von: Granit-, Quarzporphyr-, Diabas-, Trachyt-, Basalt-, Gneis-, Quarzit-, Kalkstein-, Dolomit- u. s. w. Konglomeraten bezw. Breccien.

Eine besonders zu erwähnende Art Konglomerat ist Nagelfluh[1]), zusammengesetzt aus eigroßen Rollstücken von vorwiegend Kalk und Sandstein, daneben von Quarz, Granit, Gneis, Grauwacke, Porphyr und Schiefer, welche durch ein helles, rötliches, öfters auch eisenschüssiges, sandsteinartiges Bindemittel verbunden sind. Das spez. Gewicht beträgt i. M. 2,2, die Wetterbeständigkeit ist meist groß, die Druckfestigkeit etwa 400 kg/qcm. Das im Hochbau als Quader-, Bruch- und Dekorationsstein (oft polierbar) ebenso wie im Brücken-, Wasser- und Straßenbau geschätzte, vorwiegend örtlich bedeutungsvolle Gestein findet sich in den württembergischen und bayerischen Voralpen, in Tirol, Salzburg, am Nordrande und im Osten der Schweiz in gewaltigen Ablagerungen.

[1]) So genannt nach den wie Nägelköpfe aus der Grundmasse heraustretenden Geröllen.

Von den Breccien erscheinen manche Kalkstein-, Dolomit-, Serpentin- u. s. w. Bildungen besonders bemerkenswert, da sie farbenschön und gut polierbar als Breccienmarmor Verwendung finden (brèches)[1]. —

2. Tuffe[2]. Tuffe sind für gewöhnlich gleichmäßig körnige, aus losem, vulkanisch ausgeworfenem Material durch Zusammenschlämmung oder als Sedimente gebildete, durch ein Bindemittel mehr oder weniger verfestigte, im Laufe der Zeit vielfach veränderte Gesteine; sie sind bald fein-, bald grobkörnig, bald locker, bald von größerer Festigkeit, meist porös, vielfach geschichtet. Ihre Farbe ist für gewöhnlich hell, rötlich, gelblich oder grau, und fast immer beständig; bei einigen Tuffen sogar mit zunehmendem Alter schöner und wärmer werdend. Die Tuffe sind in der Regel vollkommen wetterbeständig, lassen sich, in frischem Zustande, gut und leicht bearbeiten und erlangen erst im Laufe der Zeit größere Härte und Festigkeit. Gegenüber dem oberflächlichen Ansetzen von Flechten und Moosen leisten sie besseren Widerstand als die mit ihnen vielfach in Wettbewerb tretenden, weicheren Kalksteine.

Als baulich wichtigere Tuffe seien erwähnt:

a) Der Porphyr- oder Felsit-Tuff, aus fein zerteiltem Quarzporphyr gebildet. Das spez. Gewicht des sehr verschieden harten Gesteines schwankt zwischen 1,75 und 2,20; die Farbe ist hell, gelblich-weiß, grau, sehr oft rötlich-grau, auch bläulich, violett und grünlich; auch kommen dunkle, hell geaderte oder gestreifte Varietäten sowie Übergänge zu Breccien (durch Aufnahme großer Porphyrstücke) und zu Sandstein (beim Hinzutreten von Ton und Sand) vor. Die Druckfestigkeit geht bis 400 kg/qcm, hält sich jedoch für gewöhnlich auf 100—200 kg/qcm.

Bekanntere, technisch ausgenützte Fundstellen sind:

1. Rochlitz in Sachsen, woselbst ein licht fleischrotes, kleinkörniges, poröses, sehr wetterbeständiges Material von kieselig-toniger Grundmasse gefunden wird, in der kleine rundliche Quarze, Feldspat- und Porphyrbruchteilchen eingesprengt erscheinen; K = 2000 kg/qcm.

2. Hilbersdorf und Zeisigwald bei Chemnitz in Sachsen. Hier wird ein licht weiß-gelbliches, rötliches, violett gefärbtes, auch dunkel und hell geflecktes Gestein von 140 kg/qcm Druckfestigkeit gebrochen. Die Wetterbeständigkeit des Materials ist im trockenen gut, im feuchten geringer.

3. Nesselhof bei Schnellbach in Hessen-Nassau. Hier findet sich ein rötliches, hell gestreiftes, wenig wetterbeständiges Material. —

b) Diabastuff oder Grünsteinstuff. Das aus staubförmiger Diabasasche gebildete Gestein zeigt meist eine schmutzig-grüne bis grün-graue Färbung und ist oft innig mit kohlensaurem Kalk versetzt. Fundstellen des baulich wertvollen Gesteines sind der Harz, das Vogtland und Oberfranken — hier die Gegend von Hof, woselbst ein vollkommen wetterbeständiges, grünliches, feinkörniges Material vom spez. Gewicht 2,8—3,0 und einer Druckfestigkeit von 1400—1600 kg/qcm gebrochen wird.

c) Trachyttuff, eine bald feste, bald lockere, aus zerkleinertem Trachytgesteine bestehende Masse von kreide- bis sandsteinartiger, manchmal auch breccienhafter Struktur. Das weißliche, gelbliche oder hellgraue, nur lokale Bedeutung für Hochbauzwecke besitzende Gestein findet sich im Siebengebirge (nahe dem Drachenfels im Mittelbachtale), im Trachytgebirge Ungarns u. a. a. O.

---

[1]) Unter anderen sind hier zu nennen die als Marmor eingeführten Serpentinbreccien der Gegend von Genua: Verde di Genova, Verde di Pegli u. s. w., vergl. die Mitteilungen über Marmor.

[2]) Über Kalktuffe vergl. S. 42.

Nahe verwandt sind dem Trachyttuff:

c_1) Der Traß- oder Duckstein, auch Tuffstein genannt, ein gelbliches graues bis bläuliches[1]), bald weicheres, bald besonders in den unteren (blauen) Lagen härteres, poröses Gestein aus Bimssteinfragmenten sowie kleineren oder größeren Bruchteilen von Trachytischem Fels, Grauwacke und Tonschiefer bestehend; als vom geologischen Standpunkte charakteristisch wird das Vorhandensein von Hornblende und das Fehlen von Leucit (im Gegensatze zu dem sehr ähnlichen Leucittuff, vergl. c_2) bezeichnet. Das als hydraulischer Zuschlag hochgeschätzte und in mancher Beziehung dem Portland-Zement überlegene Material[2]) wird heute in einwandfreiem Zustande fast nur noch im Nettetal bei Andernach a. Rh. — unweit vom Laacher See — bei den Dörfern Kruft, Kretz und Plaidt gebrochen. Das früher viel Traß liefernde, nahegelegene Brohltal ist z. Z. fast erschöpft. Vorwiegend kommt von hier ein bei weitem dem Nettetraß unterlegenes, weiches, wenig hydraulische Eigenschaften besitzendes Material — Bergtraß — in den Handel, bei dessen Verwendung[3]) große Vorsicht geboten erscheint.

Das im Nettetal meist unter Wasserhaltung gebrochene und demgemäß auch vom Wasser nicht veränderliche Gestein besitzt ein spez. Gewicht von 1,20—1,28 und eine Druckfestigkeit von etwa 100 kg/qcm. Neben der Hauptverwendung zur Mörtelherstellung findet Traß auch als Baustein im Hochbau (u. a. zu leichten, nicht stark belasteten Gewölben) Verwendung. —

c_2) Leucitphonolithtuff, eine westlich des Laacher Sees in der vulkanischen Eifel bei Kemperich, Engeln, Obermendig, Weibern, Rieden, Bell, Wehr sich findendes Gestein von nicht trachytischer Natur. Das Gefüge ist dicht oder körnig, die Farbe des porenreichen, gleichartigen Materials meist gelblich, etwas ins Graue spielend. Das spez. Gewicht beträgt rund 1,5, die Wasseraufnahmefähigkeit 24 %, die Druckfestigkeit 100—150, die Zugfestigkeit etwa 17 kg/qcm. Wie Jahrhunderte alte Erfahrungen an ausgeführten Bauwerken zeigen, ist das auch heute noch zu Monumentalbauten (Maßwerk, Gesimsen, Verkleidung u. s. w.) sehr geschätzte Gestein vollkommen wetter- und frostbeständig, behält auch dauernd seine warme Farbtönung. —

c_3) Bimssteintuff, eine Vereiniguug von Bimsstein-, Trachyt- und Glimmerteilchen mit Ton, Mergel und dergl. vermischt. Das spez. Gewicht des in seinen festeren Arten kreideähnlichen und dichten (vielfach auch lockeren) Gesteines beträgt 1,25, die Druckfestigkeit 60—140 kg/qcm, die Wasseraufnahme rund 25 %; die Wetterbeständigkeit ist eine gute, daher die Verwendung der festeren Arten zu Fassadenverkleidung.

Mehrfach — so in erster Linie im Neuwieder Becken, vorwiegend bei Neuwied und am Laacher See — findet sich Bimssteintuff in Kiesform in ausgedehnten Lagern nur wenige Meter unter der Oberfläche. Das technisch sehr geschätzte Material findet eine vielfache bauliche Anwendung zur Herstellung leichter künstlicher Steine (der rheinischen Schwemmsteine), zur Erzeugung leichten Betons (Bimsbetondecken) und dergl. —

d) Basalttuff, ein meist fein gefügtes, aber auch grobkörniges, schmutziggraues, auch bräunliches bis schwarzes Gestein, aus fein zerriebenem, mehr oder weniger zersetztem Dolerit, Basalt oder ähnlichen Materialien gebildet, und oft mit Körnern bis nußgroßen Stücken der Gesteinsbildner verunreinigt. Der in den meisten Basaltgegenden vorkommende Stein (eine bekanntere Fundstelle ist das Druseltal bei Wilhelmshöhe-Kassel) wird örtlich mit Vorteil im Hoch- und Straßenbau verwendet. —

---

[1]) Entsprechend den meist vorkommenden 3 Schichten.

[2]) Das Nähere hierüber vergl. in Teil III unter natürliche hydraulische Zuschläge und Mörtel.

[3]) Von vielen Verwaltungen wird direkt und ausschließlich Traß aus dem Nettetal verlangt.

e) Posilipptuff, dem Bimssteintuff ähnlich, von rötlicher Farbe, und besonders in der Gegend von Neapel gefunden; seine Verwendung findet das Gestein im Hochbau (schon zu Zeiten des alten Rom) sowie wegen hydraulischer Eigenschaften zur Herstellung von Wassermörtel.

In letzterer Beziehung sind noch zu erwähnen: die Puzzolanerde, eine gelbe bis rötliche, zerreibliche Masse aus der Neapeler Gegend, und die Santorinerde, auf der griechischen Insel Santorin gefunden.

3. Tonschiefer. — Das durch Ablagerung im Wasser entstandene Gestein besteht aus feinsten Teilchen von verwittertem Feldspat, kieselsaurer Tonerde, Glimmerschüppchen und Quarz; als accessorisch tritt auf: Eisen- oder Kupferkies in Kristall- oder Knollenform, Eisenoxyd[1]), Quarz in Nestern oder Adern, kohlensaurer Kalk, Kohle u. s. f. Tonschiefer bildet ein Zwischengestein zwischen dem Urtonschiefer — Phyllit — und dem Grauwackenschiefer und ist mit beiden durch viele, oft schwer zu bestimmende Übergänge verbunden; von Phyllit unterscheidet sich Tonschiefer vorwiegend durch seinen schwächeren Glanz und seine meist graue oder schwarze Färbung; jedoch sind auch hier die Grenzen oft verwischt.

Das spez. Gewicht schwankt zwischen 2,7 und 3,5, die Druckfestigkeit eines einwandfreien Materials zwischen 600 und 900 kg/qcm; die Biegungsfestigkeit beträgt etwa 300—400, die Zugfestigkeit etwa 170—200 kg/qcm (ist also sehr hoch), die Härte 3,0. Die Wasseraufnahmefähigkeit ist gering und zu 0,6% im Mittel zu nehmen.

Das stark schiefrige, meist feuer- und vielfach auch wetterbeständige Gestein zeigt einen matten, homogenen, nicht kristallinischen Bruch; seine Färbung ist meist grau, bläulich oder schwarz, hin und wieder auch grünlich, rötlich, violett.

Nach den durch ihre besonderen Eigenschaften bedingten Verwendungsgebieten unterscheidet man:

a) Dachschiefer, das bei weitem wichtigste hierher gehörende Baumaterial, ein sehr gleichartiger, dichter, vollkommen- und eben-schiefriger, schimmernder Tonschiefer mit großer Spaltbarkeit, frei von Sand und vielfach sehr wetterbeständig; seine Färbung ist meist dunkel, bläulich, schwarz oder rotbraun.

Von einem guten Dachschiefer ist zu fordern, daß er seine Farbe behält, also nicht ausbleicht, da dies zugleich ein Zeichen leichter Verwitterung ist, daß er ferner leicht bohrbar ist, beim Anschlagen mit einem Hammer hell klingt — also keine Haarrisse besitzt —, für Wasser undurchlässig ist und vor allem keine schädlichen Verunreinigungen, die seine Wetterbeständigkeit beeinträchtigen, aufweist. Unter letzteren sind besonders zu nennen: a) Schwefel- bezw. Kupferkies — erkennbar an der meist gelben Färbung und dem Auftreten stechend riechender, schwefliger Säure beim Glühen des Gesteines —, b) kohlensaurer Kalk —, beim Übergießen des Schiefers mit Salzsäure durch aufbrausende Kohlensäure nachweisbar —, c) Mangan und Eisenoxyd, Quarzkörner, kohlige Bestandteile, durch Gewichtsverlust beim Glühen zu erkennen.

Eine von Fresenius vorgeschlagene Probe zur Ermittelung der Dauerhaftigkeit des Schiefers besteht darin, daß nicht wetterbeständige Schieferplatten in verschlossenem Glasgefäße über rauchender Schwefelsäure aufgehängt, zerbröckeln und aufblättern, während ein dauerhaftes Material unversehrt bleibt. Jedoch ist die Zuverlässigkeit dieser Probe nicht allgemein anerkannt[2]). Eine genügende Sicherheit dürfte fraglos nur die genaue chemische Untersuchung gewähren[3]).

[1]) Manchmal so stark vertreten, daß der Stein zur Eisenherstellung Benutzung finden kann.

[2]) Vergl. Dr. O. Herrmann, Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Berlin 1899, S. 146.

[3]) Vergl. weiter unten die bezüglichen Ausführungen in dem Kapitel: Prüfung der natürlichen Gesteine.

Fundorte guten Dachschiefers in Deutschland sind: am Rhein, Caub, Andernach, Rüdesheim, ferner das Moseltal (Trier, Mayen, Katzenberg, Müllenbach), der Harz (bei Goslar), der Hunsrück, Thüringen (Lehesten, Sonnenberg, Wurzbach, Gräfental u. a. O.), das Lahntal (Langhecke, Dietz, Limburg), Westfalen (Nuttlar, Fredeburg, Raumland), Schlesien (Sudeten), der Taunus (Weilenmünster, Steinmünster) u. s. f.

Ferner wird Dachschiefer in erheblichen Mengen aus England, Frankreich und Belgien eingeführt. Das englische — vielfach rote — Material wird vorwiegend in Wales gebrochen; besonders bekannt sind: die Pennrhyn-Brüche bei Bangor, die Fundstellen bei Port Dinorwic, Port Madoc (Palmerston und Oakeley Br.). Als bekanntere Fundorte in Frankreich sind zu nennen: Angers (Übergang zu Phyllit, blauer Schiefer), Tumay (roter St. Anne-Schiefer), Rimogne (blau), Deville (grün), das Ardennengebirge u. a. O.

Während der englische — langfaserige und feinkörnige — Schiefer dem deutschen Material vorwiegend nur durch sein Spalten in größeren Platten und seine meist geringere Stärke (2,5—4 mm gegen 5—6 mm beim deutschen) überlegen ist, sind die französischen und belgischen Arten den deutschen, kleinplattigen, stark verwachsenen meist an Wetterbeständigkeit und Härte nachstehend.

b) Gewöhnlicher Tonschiefer, ein unregelmäßig geschichtetes, an Verunreinigungen verschiedenster Art reiches, mit Quarzwulsten versehenes Tonschiefergestein; in fast allen Schiefergebirgen vorkommend, findet es vorwiegend als Bruchstein Verwendung.

c) Der Tafelschiefer, durch beigemengte Kohle schwarz gefärbt, meist auch reich an kohlensaurem Kalk. Das in dünneren wie stärkeren Platten spaltende Material findet Verwendung zu Schreibtafeln, Tischplatten, Fußbodenbelägen, Wandverkleidungen, Fensterbrettern, kleinen Scheidewänden und dergl. Fundorte in Deutschland sind: St. Goarshausen und Rüdesheim a. Rh., die Moselgegend, Goslar und Lauenthal im Harz, Lehesten, Greifenberg und Sonnenberg in Thüringen u. a. O.

d) Griffelschiefer, durch Auftreten sekundärer Schieferung in Stempel- und Stiftform abgesondert. Fundstelle u. a.: Feldbach bei Steinach unweit Sonnenberg in Thüringen.

e) Zeichenschiefer, ein durch Kohle schwarz gefärbter, sehr weicher, als „schwarze Kreide" in den Handel gebrachter Schiefer; bekanntere Fundstellen sind: Thüringen (Haselbach, Saalfeld), die Gegend von Ludwigsstadt im Bayreuthischen u. a. m.

f) Wetzschiefer, eine sehr dichte, quarzreiche Abart des Tonschiefers mit einer Härte von 4—5 und von meist heller, gelblicher, grünlicher oder rötlicher Färbung. Das zu Wetz- und Schleifsteinen verwandte Material findet sich u. a. im Fichtelgebirge und den Schieferfundorten des Thüringer Waldes. Der aus den Ardennen und dem Kreise Malmedy kommende Wetzschiefer bildet einen Übergang zu Phyllithen.

g) Schieferton, ein erheblich weicheres und milderes Gestein als Tonschiefer von nicht so vollkommener Schiefrigkeit wie dieser und meist grauer bis schwarzer Färbung; als klastische Elemente treten in den Vordergrund Glimmerschüppchen und feiner Quarzsand, als zufällige Beimengungen finden sich Schwefelmetalle, im besonderen Eisenkies. Je nach einem starken Sand-, Kalk-, Bitumen- oder Kohlengehalt des Materials werden unterschieden: Sand-, Mergel-, Bitumen-[1]) und Kohlen-Schieferton.

Unter Schieferletten wird ein bunter, meist roter Schieferton mit starkem Tongehalt bezeichnet, der infolge letzterer Beimengung in feuchtem Zustande schmierig, in trockenem bröckelig ist, oft auch durch Aufnahme von kohlensaurem Kalk in Mergel übergeht[2]). Baulich hat Schieferton keine Bedeutung.

---

[1]) Sind sehr viel kohlenartige und bituminöse Beimengungen vorhanden, so kann Bitumen-Schieferton auch als Brennmaterial Verwendung finden — Brandschiefer.

[2]) Als für die Alaunherstellung wichtig sei noch der Alaunschiefer, ein durch Kohle schwarz gefärbter, mit fein eingesprengtem Schwefelkies reich durchsetzter Tonschiefer beiläufig erwähnt.

4. Sandstein. Der in allen Sedimentformationen von den ältesten bis zu den jüngsten sich findende Sandstein besteht aus einer Verkittung vorwiegend von farblosen oder weißlichen Quarzkörnern, die stets scharfeckig, hin und wieder deutliche Kristallform zeigen und von sehr verschiedener, meist aber geringer Größe sind. Das diese Sandkörnchen zum Gesteine vereinigende Bindemittel kann sehr verschiedener Natur sein; kieselig, tonig oder kaolinartig, kalkig, mergelig, eisenschüssig, glaukonitisch, kohlenhaltig, bituminös u. s. w.

Meist sind die Quarzkörner in erheblichem Überschusse vorhanden, selten herrscht das die Färbung des Gesteines bestimmende Bindemittel vor. Während Kieselsäure, Kalk, Ton und Mergel meist hellfarbene Sandsteine — grau oder weißlich — erzeugen, färbt Eisen gelb, rot oder braun, Glaukonit grau-grün bis dunkelgrün, Kohle dunkelgrau oder schwarz; daneben finden sich auch bunte, verschiedenartig gefärbte, gesprenkelte, geflammte, gefleckte u. s. w. Sandsteine. Nicht selten nimmt die Färbung der Steine im Bau an Intensität und Schönheit im Laufe der Zeit zu; so zeigen viele rote und gelbe Steine später besonders warme gelb-braune oder grüne Färbung, ohne daß diese ein Zeichen eintretender Verwitterung ist.

Außer Quarzkörnern treten als accessorische Gemengteile auf:

a) Glimmerschüppchen, besonders in den tonigen Gesteinen; in reichlicher Menge vorhanden, bedingen sie vielfach eine schiefrige Struktur des Gesteines und dessen Übergang in Sandsteinschiefer.

b) Feldspate, z. B. in den sog. Keupersandsteinen.

c) Glaukonitkörner, vorwiegend in tonigem, mergeligem und kalkigem Gestein.

d) Blei und Kupfererze, Eisenkies, Eisenocker, Zirkon, Turmalin, Apatit u. s. w.

Ferner kommen des öfteren Tone, Toneisensteinknollen und ähnliche Stoffe in Form von Nestern vor.

Eine deutliche Schichtung ist den meisten Sandsteinen eigen, und zwar sowohl in Form dünner Platten, als auch in mächtigen Bänken; nicht selten finden sich zwischen den einzelnen Schichten Zwischenlagen von Ton, Mergel, Schieferton u. s. w.; vielfach werden die Ablagerungen auch durch senkrechte Klüfte geschieden, welche in Verbindung mit den Schichtungsfugen eine Zerteilung des Gesteines in Quadern, Säulen, Pfeilern zur Folge haben (z. B. die Quadersandsteine der sächsischen Schweiz, des Südharzes u. s. f.).

Übergänge zu anderen Gesteinen sind vorwiegend durch die Menge des Bindemittels bedingt; durch erhebliche Zunahme desselben entstehen auf der einen Seite Letten, Ton, Kalkstein, Mergel, durch starke Abnahme auf der anderen Seite Quarzgesteine; auch zeigen sich durch Vergrößerung der einzelnen Gemengteile Übergänge zu Konglomeraten u. s. w.

Das spez. Gewicht der Sandsteine ist sehr verschieden und schwankt zwischen 1,9 und 2,7; ihm entsprechend bewegt sich auch die Wasseraufnahme zwischen weiten Grenzen, 6—27 %; stark porös sind Sandsteine mit rundlichem Korn und viel Bindemittel, während geringe Durchlässigkeit den Steinen mit scharfem Korn und wenig Bindemittel eigen ist. Eine Verringerung der Wasseraufnahmefähigkeit kann durch Einlegen der Steine in Kalkwasser erreicht werden[1]).

Sandstein bildet in Deutschland den wichtigsten Baustein des Monumentalbaus, wird ferner in seinen gleichartigen, feinsten Arten zu Bildhauerarbeiten, in seinen

1) Wenn hierbei die Oberfläche des Steines klar bleiben soll, darf das Kalkwasser keine milchige Trübung besitzen.

kieseligen Sorten auch als Pflasterstein, ferner als Fliesen- und Plattenstein, zu Wandbekleidungen, seltener zu Dachdeckungen, vielfach als Mühl- und Schleifstein u. s. w. verwendet. Von einem guten Sandstein ist zu fordern, daß er druckfest und frostsicher ist, sich gut bearbeiten läßt — also nicht allzugroße Härte und Sprödigkeit aufweist. Oft läßt sich Sandstein, frisch gebrochen, leicht bearbeiten und nimmt erst später größere Härte an; es empfiehlt sich demgemäß, dem Steine bereits im Bruche, soweit dies möglich und die Gefahr des Zerbrechens beim Transporte keine große ist, seine Form zu geben.

Das Korn des Steines soll möglichst gleichmäßig und fein, die Farbe durchaus beständig fein; die Wasseraufnahmefähigkeit soll sich in mittleren Grenzen bewegen, zudem der Stein die Feuchtigkeit nicht allzulange festhalten; allerdings sind es naturgemäß gerade die dichteren, für den Bau geeigneteren Sandsteine, welche das Wasser am wenigsten leicht abgeben.

Als nicht wünschenswerte und den Bestand des Steines gefährdende Beimengungen sind zu nennen: Tongallen, d. s. rundliche Einschlußstücke von Ton, ferner Nester von Toneisenstein oder Schwefelkies, die an der Luft in Zersetzung übergehen und hierbei den Stein in Mitleidenschaft ziehen, weiter Eisenocker, der begierig Feuchtigkeit aufsaugt und den Stein zum Abblättern bringt, stark eisenschüssige Adern im Gestein u. a. m.

Nach der Art des Bindemittels unterscheidet man[1]):

1. Kieselige oder quarzige Sandsteine. Das kieselhaltige Bindemittel ist fast stets in so geringer Menge vorhanden, daß die einzelnen Sandkörner sich zu berühren scheinen; überwiegt ausnahmsweise die Bindemasse, so nimmt das Gestein ein hornsteinartiges Aussehen an. Oft besitzen die einzelnen Quarzkörnchen eine ausgeprägte Kristallform, so z. B. die Sandsteine der Vogesen. Das meist weiße bis graue, seltener braune, sehr wetterbeständige, dauerhafte, harte, aber nicht feuerbeständige Material findet vorwiegend als Platten- und Pflasterstein, daneben im Hoch-, Brücken- und Tiefbau Verwendung. Da der Stein die Bruchfeuchtigkeit lange bewahrt, ist eine besonders gute Austrocknung vor seiner Verwendung im Bauwerke notwendig. —

2. Kalkige Sandsteine. Das Bindemittel ist bald reichlich vorhandener (bis höchstens 30%), bald spärlich auftretender kohlensaurer Kalk, der in Form reinen

---

[1]) Da das Bindemittel vorwiegend die baulichen Eigenschaften der Sandsteine bestimmt, so erscheint die Einteilung hiernach dem vorliegenden Zwecke am meisten angepaßt. Vielfach findet man die Einteilung auch nach dem geognostischen Alter durchgeführt und hierbei unterschieden:

1. Kohlensandstein. 2. Dyassandstein (Rot-, Weiß-, Grauliegendes), (Steinkohlenform.). 3. Buntsandstein (roter Sandstein). 4. Keuper Sandstein mit den Unterarten: Lettenkohlen-, Schilf-, rätischer Sandstein. 5. Jura-Sandstein (schwarzer Jura, brauner Jura oder Dogger, weißer Jura- und Wealden-(Deister-Sandstein). 6. Quader-Sandstein (Elb-, Weser-, Wiener-, Karpathen- u. s. w. Sandstein). 7. Grünsandstein. 8. Hilssandstein (unterer Quadersandstein in Hannover und Braunschweig). 9. Nummulitensandstein (mit zahlreichen Schalen der Münzmuschel-Nummulina). 10. Molasse-Sandstein (jüngste Sandsteinbildung der Tertiär-Formation u. a., Blattsandstein im Mainzer Becken, Muschelsandstein von Südbayern, der Schweiz u. s. w.

Als sonstige, öfter auch bei baulicher Verwendung und Prüfung der Sandsteine vorkommende geologische Bezeichnungen seien noch erwähnt: Grauliegendes oder weißliegendes, durch Auslaugung entfärbte Sandsteine der obersten Zone des Rotliegenden. — Vogesen-Sandstein, Buntsandstein aus den Vogesen mit dem oberliegenden Voltzien-Sandstein. — Stuttgarter Sandstein, ein Schilfsandstein der mittleren Keuper-Formation. — Pläner Sandstein, zur oberen Kreideformation gehörend aus Sachsen und Böhmen. — Bildhauersandstein, ein feiner Quadersandstein. — Sollinger Sandstein, ein vorwiegend zur Herstellung von Platten und Pflastersteinen verwandter, roter oder weißer Buntsandstein des Sollinger Waldes, gehörend zum Weser-Sandstein u. a. m.

Kalkspats der Bruchfläche des öfteren ein schimmerndes Aussehen verleiht. Zur Erkennung des Bindemittels dient das Aufbrausen beim Übergießen mit Säuren. Tritt zum kalkigen Bindemittel noch kohlensaure Magnesia hinzu, so entstehen dolomitische Sandsteine.

Die Farbe des Gesteines ist meist gelblich oder grünlich-grau, seltener weiß, rötlich oder hellbraun. Die sehr verbreitete, meist nicht sehr harte Sandsteinart ist nicht feuerfest, da das Bindemittel in der Hitze zerstört wird. An der Seeküste sowie in Industriestädten hält sich der vorwiegend im Hochbau sowie zu Bildhauer- und Steinmetzarbeiten, weniger im Brücken- und Wasserbau verwendete Stein schlecht, da er den Einwirkungen von Säuren, welche sich hier dauernd in der Atmosphäre befinden, nicht widerstehen kann. —

3. Tonige oder kaolinhaltige Sandsteine. Als Bindemittel tritt Ton von verschiedener, das Aussehen des Gesteines bestimmender Färbung auf, und zwar in vorwiegend hellen Abstufungen: weiß, grau, gelblich, grünlich und blaßrot; oft ist das Gestein auch von wechselnder Färbung, gestreift, wolkig, geadert u. s. w. — Als Erkennung für das Bindemittel erscheint der deutliche Tongeruch, welchen das Gestein beim Anhauchen ausströmt.

Das meist feinkörnige, durch Glimmerblättchen oft schieferig struierte Gestein ist nicht selten wenig fest und frostbeständig; im besonderen gilt letzteres von den, reines Kaolin als Bindemittel zeigenden oder von Tongallen durchsetzten Arten[1]).

Als Gesteinsübergänge sind zu erwähnen: Grauwacke, eisenhaltige Sandsteine, sandiger Ton und Schieferton.

Verwendung findet das weitverbreitete Material in seinen festeren und beständigen Arten vorwiegend zu Hochbauten, auch Bildhauerarbeiten sowie — wegen seiner Feuerbeständigkeit — im Hochofenbau.

4. Mergelige Sandsteine. Das Bindemittel ist tonig-kalkiger Natur, bald vorwiegend Ton, bald mehr Kalk enthaltend, oft auch eisenschüssig. Das in der Buntsandstein- und Keuperformation viel verbreitete Gestein ist gewöhnlich hellfarben, vielfach weich, wenig beständig und nicht feuerfest. Hierher gehört auch ein Teil der oft sehr druckfesten Molasse-Sandsteine der Schweiz. Verwendung vorwiegend im Hochbau.

5. Eisenschüssige Sandsteine. Als Bindemittel tritt neben Kieselsäure oder Ton vorwiegend Eisenoxydhydrat oder -Oxyd auf, häufig in inniger Verbindung mit etwas kohlensaurem Kalk oder Ton. Die mit der Zeit oft schöner werdende Färbung des Gesteines ist vorwiegend gelb, braun, rot oder rotbraun; bisweilen erscheint der Stein durch ungleiche Verteilung des Oxydes gefleckt, geflammt und dergl. Glimmer ist nicht selten reichlich vertreten. Die festen und wetterbeständigen Arten finden in erster Linie zu Monumentalbauten aller Art Verwendung.

6. Glaukonitische Sandsteine (Grünsandsteine). Die hierher gehörenden Gesteinsarten sind durch ihren Gehalt an Glaukonit, einem grün-grauen Mineral der Chloritgruppe ausgezeichnet. Glaukonit kann selbst, fein verteilt, als Bindemittel auftreten, oder als hirsekorngroße Körnchen zwischen den Quarzteilchen eingestreut sein; alsdann ist das Bindemittel kalkiger oder toniger Art. Das in den verschiedensten Abtönungen grünliche, oft farbenprächtige, wenig verbreitete Gestein ist ein geschätztes Material des Monumentalbaus. —

---

[1]) Bei diesen ist das Bindemittel oft in solcher Menge und wenig fester Verbindung mit den Quarzkörnern vorhanden, daß sich ein Abschlämmen des ersteren zur Gewinnung von Porzellanton lohnt.

7. Bituminöse Sandsteine. Zur Verbindung der Quarzkörner dienen fein verteilte kohlige, oft mit Asphalt oder ähnlichen Stoffen durchsetzte Bestandteile. Die hierher gehörenden wenigen Sandsteine sind meist von grauer bis schwarzer Farbe, werden beim Erhitzen heller und finden vorwiegend zur Gewinnung des in ihnen enthaltenen Bitumens Verwendung.

Die bekanntesten der deutschen Sandsteine, welche für die bauliche Verwendung **eine mehr als lokale Bedeutung** besitzen, sind mit ihren Haupteigenschaften und unter Angabe der besonderen Verwendungsgebiete in der nachstehenden Zusammenstellung[1]) aufgeführt[2]):

Nr.	Fundort	Farbe	Spez. Gewicht im Mittel	Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm	Wetterbeständigkeit	Geognostische Formation	Verwendungsgebiet	Bemerkungen
				A. Baden.				
1.	Durlach	rot bis bläulich	2,35	560—900	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. Br. T.	Pfinzthaler S.
2.	Sulzfeld	weiß-grau bis grünlich grau	2,0—2,2	650	„	Keuper-S.-F.	H.	
3.	Lahr	rot	2,20	700	gut	Bunt-S.-F.	H. Br. Str.	
4.	Gernsbach	weiß	2,30	760	im Trocknen gut	Bunt-S.-F.	H. D.	weißer Murgthal-S.
5.	Wertheim	dunkelrot	2,18—2,30	820—1020	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. Bi. Br. Wa.	
6.	Miltenberg	rot-braun, rot	2,20	750—850	gut*)	Bunt-S.-F.	H Br.	*) Steine glimmerhaltig, lagerhaft zu versetzen, sonst frieren sie ab.
7.	Neckargemünd	rot u. weiß	—	—	sehr gut	Bunt-S.-F.	H.	
				B. Bayern.				
1.	Abbach	grau-grün und gelb-grün	2,30	—	gut	Kreide-F.	H. Br.	Grünsandstein
2.	Kehlheim	„ manchmal braun geadert	—	—	im allgemeinen gut	Kreide-F.	H. Br. Wa.	Glaukonit-S.
3.	Sonthofen (Burgberger S.)	grau-blau	2,60	—	sehr gut	Tertiär-F.	H. Pl.	Nummuliten-S.
4.	Kronach	weiß und gelblich	2,0	320	gut	Keuper-F.	H. Wa.	
5.	Miltenberg a. M.	dunkelrot	2,0	780—940	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. T.	
6.	Wertheim a. M.	„	2,0—2,3	820	„	Bunt-S.-F.	H. D. Br.	
7.	Bayerfeld—Cölln	gelb-grau	2,0	670	„	Keuper-F.	H.	

[1]) z. T. nach H. Koch: Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Berlin 1892. Ernst Töche-Berlin.

[2]) Hierbei bedeutet: H. = Hochbau; Bi. = Bildhauerstein; Br. = Brückenbau; Wa. = Wasserbau; Str. = Straßenbau; T. = Tiefbau; Pl. = Plattenstein; D. = Denkmalstein; S. = Sandstein; F. = Formation.

Nr.	Fundort	Farbe	Spez. Gewicht im Mittel	Mittlere Druckfestigkeit in kg qcm	Wetterbeständigkeit	Geognostische Formation	Verwendungsgebiet	Bemerkungen
8.	Ebertsheim	dunkelrot	—	400—500	sehr gut	Bunt S.-F.	—	
9.	Hochstätten (Münster a. St.)	rötlich grau	2,25	530	„	Carbon-F.	H. Br. Wa.	Kohlen-S.
10.	Kaiserslautern	dunkelrot	2,0	350—440	gut*)	Bunt-S.-F.	H. Bi.	*) Bruchfeuchtigkeit sehr schädlich; nur im Trocknen zu verwenden.
11.	Königsbach	gelblich weiß	2,17	420—570	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. Bi.	Bunter Vogesen-S.
12.	Lauterecken	grau-grün, gelblich	2,12	700	„	Carbon-F.	H.	Kohlen-S.
13.	Burg-preppach	gelblich weiß bis dunkel ockerfarb.	2,1	758	„	Zwischen Lias- und Keuper-F.	H. Wa.	
14.	Weidenthal	hellrot	2,4	440—490	„	Bunt-S.-F.	H. Wa.	Bunter Vogesen-S.

C. Braunschweig.

1.	Blankenburg a. H.	weiß bis gelb, auch rötlich geadert, hellgrau	1,8—2,5	240—280	gut	Kreide-F.	H. Wa.	Quader-S.
2.	Höxter-Fürstenberg	rot-weiß	2,46	630	„	Bunt-S.-F.	Wa. Str.	Weser-S. (Sollinger Sandstein
3.	Lutter a. Barenberge	fleischfarben, grau, grünlich weiß	2,0	425	„	Kreide-F.	H. Br.	Quader-S.
4.	Holzminden (Pipping)	rot	—	—	„	Bunt-S.-F.	Str.	Weser-S.
5.	Stadtoldendorf	rot-braun, rot-grau	2,4—2,8	550—850	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. Pl. Wa.	Solling.-S.
6.	Harzburg	—	—	—	gut	Trias-F.	Str.	Grauwacke-S.
7.	Velpke und Danndorf	blau-grau auch weiß	2,4	660—1250	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. Br. Wa.	

D. Elsaß-Lothringen.

1.	Niederbronn	hellrot, gelblich, weißlich	2,0	400—450	im allgemeinen gut	Bunt-S.-F.	H. T.	
2.	Heiligenberg	rosa	2,0—2,2	300—600	gut	Bunt-S.-F.	H.	
3.	Reichshofen	rot	2,0	450	nicht durchweg wetterbeständig	Bunt-S.-F.	H.	
4.	Urmatt	weiß, rosa rot	2—2,3	300—600	„	Bunt-S.-F.	H. z. Teil Str.	

Nr.	Fundort	Farbe	Spez. Gewicht im Mittel	Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm	Wetterbeständigkeit	Geognostische Formation	Verwendungsgebiet	Bemerkungen
5.	Arzweiler, Büst, Ottweiler	weiß, grau, rot	2,5—3,0	—	sehr gut	Bunt-S.-F.	—	Vereinigte Vogesen-S.-Brüche in Zabern
				E. Hessen-Darmstadt.				
1.	Heppenheim	weiß, hell und dunkelrot	2,4	—	gut	Bunt-S.-F.	H.	
2.	Alzey	grau-weiß	—	—	gut*)	rotliegendes	H.	*) im Wasser nicht haltbar. Dyias-S.
3.	Flonheim	weiß	2,2	325	sehr gut	rotliegendes	H.	Dyias-S.
				F. Lippe-Detmold (und anschliessender Teil von Westfalen).				
1.	Detmold, Altenbecken, Bergheim in Westfalen, Sandebeck	weiß und gelb	2,22	722	sehr gut	Kreide-F.	H. Str.	Hils-S.
				G. Preußen.				
1.	Albendorf (Grafsch. Glatz)	gelblich, grau-weiß	—	—	sehr gut	Kreide-F.	H. Br. Wa.	Quader-S.
2.	Warthau bei Bunzlau	weiß, grau, gelb bisdunkel, gelb auch gelb geadert	2,0	270—650	„	Kreide-F.	H. Wa.	Quader-S.
3.	Cudowa	weiß, öfters gelb geflammt	2,3	1415	„	Kreide-F.	H. Br. Wa.	Quader-S.
4.	Friedersdorf und Höllenthal bei Reinerz	weiß und gelb	2,35	1082	gut	—	H. Wa.	Quader-S.
5.	Löwenberg (Plagwitz) in Schlesien	grau-weiß (selten gelb und rot)	2,0	600	sehr gut	Kreide-F.	H. Br.	Quader-S.
6.	Brumby Emden (Prov. (Sachsen)	rot und rot-braun	2,4	780—830	gut	Bunt-S.-F.	H. T.	
7.	Seehausen (Prov. Sachsen)	gelb	1,9	350	„	Dyias-F.	H.	Dyias-S.
8.	Gommern Plötzky-Pretzien (Prov. Sachsen)	grau-blau	2,3	1600 - 2700	sehr gut	Kulm-F.	Str. (H.) Wa.	Kohlen-S.

Nr.	Fundort	Farbe	Spez. Gewicht in Mittel	Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm	Wetterbeständigkeit	Geognostische Formation	Verwendungsgebiet	Bemerkungen
9.	Hundisburg (Prov. Sachsen)	blau	2,66	1730	sehr gut	—	Str.	Grauwacken-S.
10.	Mannsdorf bei Zeitz	weiß-grau bis gelblich	2,4	—	gut	—	H. Br.	
11.	Nebra a. Unstrut	hellrot, weiß-gelb	—	—	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. Wa.	
12.	Wefensleben (Prov. Sachs.)	weiß mit gelben Adern, gelb	2,0	300—470	meist sehr gut	Kreide-F.	H. Wa.	Kohlen-S.
13.	Bentheim (Prov. Hannover)	rötlich, gelb	2,5	—	sehr gut	Kreide-F.	H. Br. Wa.	Hils-S.
14.	Gildehaus (Prov. Hannover)	weiß (auch gelblich)	—	—	„	Kreide-F.	H. Bi.	Hils-S.
15.	Mehle (Prov. Hannover)	bläulich grau	—	627	gut	Wealden-F.	H. Wa.	Hastings-S.
16.	Nesselberg bei Springe	hellgrau und hellgelb	2,42	520—750	sehr gut	Wealden-F.	H. Wa.	
17.	Osterwald bei Nordstemmen	gelblich weiß	—	1000	gut	Wealden-F.	H. Wa.	
18.	Porta (Minden)	braun	2,0—2,10	175	sehr gut	brauner Jura	H. Br. Wa.	Dogger oder Jura-S.
19.	Ibbenbühren (Prov. Westfalen)	weiß, gelblich, grau	—	—	„	Steinkohlen-F.	Wa. (H.)	Kohlen-S.
20.	Kirchhain (Prov. Hessen-N.)	lebhaft rot-gelb, rot-braun	2,4	200	im allgemeinen gut	Bunt-S.-F.	H. Br.	
21.	Am Bückeberg b. Oberkirchen (Osterholz bei Stadthagen)	hellgrau, gelblich-weiß	2,22	690	sehr gut	Wealden-F.	H. Br.	Kohlen-S. Oberkirchner-S.
22.	Carlshafen und Trendelburg	weiß, grau, rot	2,55	940	„	Bunt-S.-F.	Pl. Str.	
23.	Gelnhausen	hell bis dunkelrot	—	—	gut	Bunt-S.-F.	H. Wa.	
24.	Oberförsterei Sand bei Cassel	weiß, rot auch flammig	2,5	—	„	Bunt-S.-F.	H.	
25.	Udelfangen bei Trier	grün oder bläulich-weiß, gelblich	2,5	470	„	Bunt-S.-F.	H. Br.	
			2,5	550—600	sehr gut	Bunt-S.-F.	H. Br.	

Nr.	Fundort	Farbe	Spez. Gewicht in Mittel	Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm	Wetterbeständigkeit	Geognostische Formation	Verwendungsgebiet	Bemerkungen
26.	Fließen (Rheinprov.)	weiß-grau	2,2	680	sehr gut	Steinkohlen-F.	H.	Kohlen-S.
27.	Kyllburg (Rheinprov.)	rot und weiß	2,0—2,3	950	„	Bunt-S.-F.	H. Wa.	
28.	Phillippsheim (Rheinprov.)	violett, rot	2,5	470	gut	Bunt-S.-F.	H. Bi. (Br.)	
29.	Hesperthal bei Werden	grau, hellblau bis blau.	2,58	1630	„	Steinkohlen-F.	Wa. feuerfeste Bauten (H.)	Kohlen-S.
30.	Erang (Rheinprov.)	graugrünlich, weiß	2,06	685	„	Bunt-S.-F.	H.	
31.	Taubenberg bei Rinteln (Prov. Hessen-N.)	gelblichgrau	2,74	1500	sehr gut	Keuper-F.	Str. H. (Fundam.)	
32.	Piesberg bei Osnabrück	blau	2,58	680—970	gut	Steinkohlen-F.	Str. H.	Kohlen-S.
33.	Wetter a. Ruhr	weiß-grau	2,48—2,59	1800—2060	sehr gut	Steinkohlen-F.	H. Str.	Ruhr-S. Kohlen-S.
34.	Westhofen (Prov. Westfalen	hellgrau	2,61	670	gut	Steinkohlen-F.	H. Br.	Kohlen-S.

H. Sachsen.

1.	Cotta(Pirnaer Gegend)	gelb und weiß	2,20—2,50	200—300	z. T. sehr gut	Kreide-F.	H. Br.	Quader-S.
2.	Posta (Wehlen)	gelblich bis weißgrau, weiß	2,20	550	sehr gut	Kreide-F.	H. Br. Wa.	Quader-S.
3.	Postelwitz	weiß und gelb	2,33	325	gut	Kreide-F.	H. Bi. Br.	Quader-S.
4.	Rottwerndorf	weiß bis gelb	2,3—2,46	200—300	„	Kreide-F.	H.	Quader-S.
5.	Schöna (Teichstein)	gelblich bis gelb	2,25	600	„	Kreide-F.	H. T.	Quader-S.
6.	Welschhufe	weiß und gelblich	2,2—2,4	330—370	im allgemeinen gut	Kreide-F.	H.	Quader-S.
7.	Herrenleithe bei Lohmen—Pirna.	weiß und gelb, auch gestreift, gefleckt.	2,1	530	gut unter und über Wasser	Kreide-F.	H. Br. Wa.	Quader-S.
8.	Halbestadt bei Königsstein	weiß	2,45	600—700	„	Kreide-F.	H. Br.	Quader-S.

Klastische Gesteine.

Nr.	Fundort	Farbe	Spez. Gewicht in Mittel	Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm	Wetterbeständigkeit	Geognostische Formation	Verwendungsgebiet	Bemerkungen
			I. Thüringen und Waldeck.					
1.	Der Seeberg bei Gotha	weiß-gelb geadert	—	634	im allgemeinen gut	Lias-F.	H. Br.	Lias-S.
2.	Saalfeld a. S.	bläulich grau	2,50	—	„	Grauwacke	H.	
3.	Berka a. Ilm	weiß und bräunlich rot	2,60 2,60	480 270	gut	—	H.	
4.	Wrexen a. Diemel	grau-weiß	2,25	450	sehr gut	Bunt-S.	H. Br.	
			K. Württemberg.					
1.	Heilbronn	gelblich bis bräunlich rot	1,9—2,2	570—630	sehr gut	Keuper-F.	H. Bi.	
2.	Maulbronn		—	626	„	Keuper-F.	H.	
3.	Stuttgart	gelblich grün, blaugrün, z. T. blaurot, gesprengelt	2,27	450—480	„	Keuper-F.	H. (Br.)	
4.	Dettenhausen b. Tübingen	weiß, gelblich weiß	—	466	gut	Keuper-F.	H.	
5.	Hochdorf (Schwarzwaldkreis)	grau-weiß u. hellgelb	2,3	345	„	Keuper-S.	H.	Lettenkohlen-S.
6.	Hall-Bikersfeld	gelb-grünlich, hellgrünlich blau	2,5	238	sehr gut	Keuper-S.	H. Bi. T.	Lettenkohlen-S.
7.	Schlaitdorf (Tübinger Donaukreis)	weiß	—	463	„	Keuper-S.	H.	Stuben-S.

5. Grauwacke. — Gegenüber dem nur aus Quarzkörnern bestehenden Sandstein ist die Grauwacke sowohl aus ersteren als auch aus Bruchstücken anderer, recht verschiedener Mineralien und Gesteine zusammengesetzt; meist treten neben den Quarzkörnern Fragmente von kristallinischem Kiesel- und Tonschiefer, Granit, Gneis, oft bereits zersetztem Feldspat u. s. w. auf. Das meist zurücktretende Bindemittel ist bald kieselig, alsdann ein zähes und hartes Gestein bedingend, bald kalkig, eisenhaltig oder tonig; in letzterem Falle sind meist Glimmerplättchen in größerer Menge vertreten und das Gestein stark schieferig; sehr feinkörnige

Arten dieses führen den Namen Grauwackenschiefer; sie sind dem Tonschiefer ähnlich, aber meist härter als dieser.

Das stets — wenn auch manchmal nur in starken Bänken — deutlich geschichtete rein klastische Gestein zeigt eine sehr verschiedene Korngröße, von dichter bis zu konglomeratischer Struktur wechselnd. Die Farbe ist meist grau in den verschiedensten Abtönungen, manchmal auch durch Veränderungen des Eisens in rot oder rotbraun übergeführt. Das spez. Gewicht liegt zwischen 2,5 und 2,8, die Härte zwischen 6 und 8. Die Druckfestigkeit des Gesteines ist fast stets höher als 1000 kg/qcm und erreicht nicht selten 3000 kg/qcm[1]).

In hohem Maße wetterbeständig sind Grauwacken mit kieseligem Bindemittel, groß ist die Dauerhaftigkeit bei kalkigem und eisenhaltigem, mäßig bei tonigem Bindemittel. Vielfach ist Grauwacke vollkommen feuerbeständig.

Bekanntere Fundorte des verbreiteten Gesteines sind: das Siegtal, die Koblenzer Gegend, Wetzlar, Betzdorf, Dillenburg, das rheinisch-westfälische Schiefergebirge, das bergische Land, der Harz (Tal der Innerste, Ballenstedt, Elbingerode, Clausthal), das Fichtel- und Erzgebirge, die nördliche Lausitz, österr. Schlesien, Mähren u. s. w.

Die Verwendung des Gesteines ist eine vielseitige, wenn auch vorwiegend örtliche und erstreckt sich sowohl auf den Hochbau (zu Mauersteinen, Deckplatten, Quadern, Säulen u. s. f.), als auch auf den Straßen- und Eisenbahnbau; im besonderen ist Grauwacke ein beliebtes Chaussierungs- und Gleisbettungsmaterial.

6. Kaolin, Ton, Lehm, Löß und Mergel. a) Kaolin ist ein durch Zersetzung von Feldspat hervorgegangener, sehr reiner, meist nur mit Quarzsand vermengter Ton; wird er von letzterem durch Schlämmen getrennt, so verbleibt eine sehr feine, staubförmige, sich mager anfühlende, leicht abfärbende, zerreibliche Masse — Kaolin — von weißer, auch rötlicher oder gelblicher bis grünlicher Färbung zurück. Die Härte des Kaolin beträgt 1, sein spez. Gewicht etwa 2,2; im Feuer ist es nicht schmelzbar und liefert beim Brennen eine dichte, weiße, harte, hellklingende Masse.

Fundorte sind: Morl und Trotha bei Halle, Wegscheid in Niederbayern, Seilitz bei Meißen, Limoges in Frankreich. Verwendung findet Kaolin zur Herstellung von Porzellan, Steingut und feineren Tonwaren.

b) Ton (plastischer Ton, Pfeifenton, Töpferton, Letten) ist ein wasserhaltiges, unreines Tonerdesilikat, entweder durch die Zersetzung feldspathaltiger Gesteine oder als Abschwämmungsprodukt aus tonhaltigem Material entstanden. Als Beimengungen treten auf: verschiedene Karbonate, Quarzsand, Glimmer, Kohlenstaub, Eisen-, Magnesia-, Kali- und Natronverbindungen u. a., Schwefelkies sowie Pflanzen- und Tierreste u. s. w.

Die grob- bis feinerdige, in trockenem Zustande zerreibliche, feucht jedoch geschmeidige und plastische Masse besitzt ein spez. Gewicht von 1,8—2,6, i. M. von 2,2. Die Färbung ist weiß, grau, gelblich, rötlich, braun, auch grünlich und bläulich, vielfach auch bunt gefleckt. Die gelbe und rote Farbe ist meist durch Beimengungen von Eisen bedingt.

Bildet der Ton in trockenem Zustande harte, angefeuchtet, klebrige, teigartige, biegsame und leicht in Formen zu bringende Massen, so nennt man ihn **„fett“**, ist er hingegen — wenn trocken — mürbe, bröckelig und mit Wasser vermengt wenig plastisch, so bezeichnet man ihn als **„mager“**.

---

[1]) So ist gefunden die Druckfestigkeit der Grauwacke von Wipperfurth bei Lennep zu 1200, von Kirn bei Hochstetten a. d. Nahe zu 2500—3000, vom rauhen Berge bei Pressig in Oberfranken zu 1000—2100 kg/qcm.

Verwendung findet der Ton vorwiegend zur Herstellung von Steingut oder gebrannten besseren Tonwaren, Röhren, Verblendsteinen, Terrakotten, besseren Steinen, Platten u. s. w.

Als wichtigere Abarten sind zu nennen:

α) Pfeifenton, nur wenig fremde Bestandteile enthaltend, im besonderen fast frei von Eisenoxyd, sehr zähe und plastisch und beim Brennen weiß werdend. Verwendung: Vorwiegend zur Herstellung von Steingut.

β) Feuerbeständiger oder Chamotteton, im Feuer des Porzellanofens nicht schmelzend und zur Herstellung von Chamottesteinen, Chamottemörtel, Schmelztiegeln, im Hochofenbau und ähnlichen Gebieten verwendet. Bekanntere Fundorte sind u. a.: Großalmerode, Waldenburg, Passau, die Koblenzer und Duisburger Gegend, Schweden, England und Bornholm.

γ) Töpferton, ein weiches und zähes, in reicher Menge fein verteilten Quarzsand enthaltendes, von kohlensaurem Kalke fast freies Material, das beim Brennen rot wird und wie der Name besagt, vorwiegend zur Herstellung von Töpferwaren Verwendung findet.

δ) Eisenschüssiger, gelb oder rot gefärbter Ton.

ε) Glimmerhaltiger, oft stark schiefriger Ton.

ζ) Bituminöser, mit Bitumen durchsetzter, bläulicher oder schwärzlicher Ton.

c) Lehm oder Löß[1]); hierunter ist ein mit sehr feinem Quarzsande, meist auch mit kohlensaurem Kalke versetzter, glimmerhaltiger, durch Eisenoxyde gelb, rot oder braun gefärbter Ton zu verstehen, welcher infolge seiner stark sandigen Beschaffenheit in feuchtem Zustande höchstens knetbar, also bedeutend weniger plastisch wie der unter b) erwähnte Normalton ist und im Feuer zunächst sich rot oder gelb brennt, dann aber zu einer bläulichen oder grauen Schlacke zusammensintert.

In der baulichen Praxis versteht man unter Lehm alle diejenigen Ziegeltone, welche weniger als 60% durch Schlämmen abzusondernden Quarzsand sowie höchstens 15% kohlensauren Kalk enthalten; ein höherer Prozentgehalt an letzterem Material macht den Lehm nur noch zur Klinkerherstellung geeignet.

Enthält Ziegelerde mehr als 80% Ton, so nennt man sie fett, bei 60% Sandbeimengungen mager. Zwischen beiden Grenzen liegen naturgemäß eine große Anzahl von Abstufungen.

Seine Verwendung findet der im Diluvium und Alluvium häufig an der Erdoberfläche und bis zu 30 m Mächtigkeit vorkommende Lehm vorwiegend zur Herstellung künstlicher Steine, der gewöhnlichen Ziegel in ihren verschiedenen Arten, ferner zu Estrichkonstruktionen, im Lehmpisébau, als Füll- und Dichtungsmaterial u. s. w.

d) Mergel. Unter dem Namen Mergel werden in ihrem Äußeren und in ihren Eigenschaften sehr verschiedene Gesteinsarten vereinigt, welche sich als innige Gemenge von Kalk (oder Dolomit) und Ton (20—60%) zeigen und meist Beimischungen von Quarzkörnern, Glimmerplättchen, Eisen- und Manganoxyden u. s. f. aufweisen.

Die beim Anhauchen einen starken Tongeruch ausströmenden Gesteine haben selten eine größere, meist eine erheblich geringere Härte als 3. Die Struktur kann dicht (hin und wieder ist das Gestein sogar politurfähig), schiefrig oder erdig sein, und ist auch bei demselben Material oft sehr wechselnd. An der Luft blättert das Gestein ab und zerfällt in kleine Würfel, die ihrerseits wieder in Mergelerde übergehen.

Nach den hauptsächlichsten Bestandteilen unterscheidet man:

---

[1]) Vielfach wird, besonders in der Gesteinskunde, unter Löß eine kaum noch plastische Abart des Lehms verstanden, welche geringe Konsistenz besitzt, mehlartig ist, abfärbt und mit Wasser sich zu einer schlammartigen, kaum formbaren Masse verbindet. In der baulichen Praxis ist dieser Unterschied jedoch nicht ausgeprägt.

α) Kalkmergel (auch Plänermergel genannt). Der Kalkgehalt beträgt bis 75 %, der Tongehalt weniger als 25 %. Das schmutzig-gelbe bis graue, geschichtete Gestein wird häufig zu Beimengungen zum Ziegelton sowie zur Herstellung von Zement verwendet. Bei deutlicher Schichtung führt das Gestein den Namen Mergelschiefer.

β) Dolomitmergel, dem unter α) erwähnten Material entsprechend, nur dolomithaltig und hierdurch meist härter und fester als Kalkmergel.

γ) Tonmergel, bis 80 % Ton enthaltend, in der Zementfabrikation verwandt, auch als Töpferton benutzt. Da das Material jedoch leicht schmilzt, darf hier die Brennwärme nur eine mäßige sein; dementsprechend sind aber auch die hergestellten Materialien weniger fest.

δ) Bituminöser Mergelschiefer, oft mit Kupfererzen reich ausgestattet (z. B. der Mansfelder Mergelschiefer) und daher vielfach Kupferschiefer genannt.

Die bauliche Verwendung der Mergelsteine ist eine nur geringe und beschränkt sich fast ausschließlich auf die festeren und härteren Kalk- und Dolomitmergel, welche zu untergeordnetem Bruchsteinmauerwerk Verwendung finden. Hingegen sind, wie oben bereits erwähnt, viele Mergelarten zur Herstellung von künstlichen Zementen sehr geeignet. —

7. Quarzgerölle, Quarzgruß und Quarzsand. Besitzen die Quarzfragmente — abgerundet und abgeschliffen — Abmessungen von über Walnußgröße, so nennt man sie Quarzgerölle, geht ihr Durchmesser bis zu dem einer Erbse herab, Quarzgruß oder Quarzkies, wird er noch kleiner, Quarzsand. Mit Kies bezeichnet man im besonderen Quarzteile, welche mehr als 3 mm Durchmesser besitzen; vom Quarzsand wird unterschieden: sehr grober (Durchmesser 3 mm), grober (Durchmesser 1,1 mm), mittlerer (Durchmesser 0,5 mm) und feiner Sand (Durchmesser 0,5—0,25 mm). Ist das Material vollkommen pulverartig oder staubförmig, so spricht man von Staub- oder Flugsand.

Der in der Natur vorkommende, bald in losen Massen, bald in festem Zusammenhange gelagerte Sand ist fast niemals reiner Quarzsand, sondern meist mit Bruchteilchen anderer Mineralien oder Gesteine innig vermengt; im besonderen finden sich häufig Feldspat, Granat, Glimmer und Fragmente der quarzhaltigen Gesteine. Reiner Quarzsand ist farblos; durch Beimengungen und Verunreinigungen — im besonderen durch Eisenoxyd und Lehm — ist er oft schmutzig, gelblich oder bräunlich gefärbt.

Als mittleres, spez. Gewicht des trockenen Quarzsandes kann 1,5, für das feuchte Material 2,0 eingeführt werden.

Für bauliche Zwecke eignet sich ein Sand am besten, welcher neben Quarzteilchen noch 5—10 % granitische, Feldspat- und dergl. Beimengungen aufweist und ein mittleres, scharfkantiges, rauhes Korn zeigt.

Die Verwendung des Quarzgerölles, -Sandes u. s. w. im Bauwesen ist eine sehr verbreitete und verschiedenartige. Als Hauptverwendungsgebiete seien genannt: Mörtel- und Betonbereitung, Herstellung von Sand-(Guß-)Formen, Benutzung im Eisenbahn- und Straßenbau für Bettungs- und Decklagen, Verwendung als Filtermaterial, als Schleifmittel, im Sandstrahlgebläse, bei der Glasherstellung u. a. m.

8. Garten- und Dammerde. Die Garten- oder Dammerde bildet die oberste Erdschicht und als solche den Standort der Pflanzen. Sie ist reich an anorganischen wie organischen Beimengungen, im besonderen an Verwesungsprodukten pflanzlicher und tierischer Körper. Abgesehen von der Verwendung im Erdbau, findet Dammerde im Bauwesen kaum Anwendung. Im besonderen ist vor ihrer Benutzung als Hinterfüllungsmaterial bei Mauern wegen des sich hier leicht bildenden Mauerfraßes zu warnen[1]);

[1]) Vergl. Seite 43.

nicht minder ist ihre Verwendung als Ausfüllungsstoff für Zwischendecken wegen Entstehung von Holz- oder Hausschwamm mit großen Gefahren für den Bau verbunden und deshalb verboten. Das mittlere spez. Gewicht beträgt 1,8, im trockenen Zustande 1,4—1,6, im feuchten etwa 2,00.

Kapitel III.

Die Gewinnung und Bearbeitung der natürlichen Bausteine.

§ 8. Die Gewinnung der natürlichen Bausteine.

Die natürlichen Bausteine werden meist oberirdisch, d. i. im Tagebau, seltener unterirdisch — bergmännisch — gewonnen. Im besonderen wird die erste Art sich dort empfehlen, wo die über dem brauchbaren Gesteine gelagerten Abraummassen — die Schwarte — nicht von allzu großer Mächtigkeit sind und deren leichte Beseitigung möglich ist, sowie dort, woselbst zu technischer Verwendung geeignetes Gestein in mehr oder minder dicken Bänken und erheblicherer Mächtigkeit ansteht. Hingegen wird der unterirdische Abbau dort Anwendung finden, wo die Entfernung der Schwarte entweder wegen ihrer Stärke oder ihrer Festigkeit unverhältnismäßige Kosten bedingt, oder ein wertvolles Gestein nur in einzelnen Adern oder dünnen Zwischenschichten auftritt.

a) Der Abbruch im Tagebau findet nach Fortnahme des Abraumes und der an diesen sich etwa noch anschließenden, mehr oder weniger verwitterten Steinschichten, meist an steil geneigter Felswand, statt. Um möglichst viel Angriffspunkte an letzterer für die Gewinnungsarbeiten zu schaffen, werden oft zunächst Nischen in den Felsen eingearbeitet und von diesen aus der Abbau der stehengebliebenen Zwischenpfeiler in Angriff genommen. Sind letztere niedrig, so spricht man vom Abbau in „Bänken". — Mit Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes ist es zweckmäßig, die Felswand in wagerecht oder wenig geneigt verlaufende Absätze von etwa 5—10 m Höhe zu zerlegen, welche von oben und vorn allmählich vertieft werden — Abbau in Terrassen.

Als besondere Gewinnungsarbeiten sind zu nennen:

1. Die Gewinnung durch Brechwerkzeuge — Keil- oder Spitzhacken (Tafel I, Abb. 1 und 2), Brechstangen (Abb. 4), Keile (Abb. 5) u. a. m. —, im besonderen bei natürlich stark zerklüftetem oder plattenartig geschichtetem bezw. säulenförmig abgesondertem Gestein gebräuchlich[1]).

2. Die Keilspaltarbeit. Durch diese werden meist regelmäßige, größere Blöcke aus den durch Spreng- oder sonstigen Arbeiten freigelegten guten Schichten und Bänken gewonnen und zwar durch Erzeugung von Spaltflächen, mit deren Hilfe rechteckige Blöcke aus dem Felsverbande gelöst werden können; daß als Spaltflächen hierbei die natürlichen Druck-, Absonderungs- und Schichtungsflächen besonders bevorzugt werden, erscheint selbstverständlich.

Um den Keilen einen Halt im Felsen zu geben, werden zunächst an den Vorderseiten der Spaltflächen Vertiefungen in den Stein eingearbeitet. Diese können als durchgehende Rinnen mit Hilfe der Schrämarbeit (vergl. unter 3.) oder als einzelne, in gerader Linie nebeneinander stehende Löcher ausgeführt werden. Die erste Art findet

[1]) Hierher gehört auch der von E. Dietrich beschriebene Dampfhammer, welcher unten meißelförmig gestaltet, in einem Steinbruche bei Paris zur Steingewinnung Verwendung fand.

für gewöhnlich bei weicherem Gesteine Anwendung und wird mit dem Spitzhammer (Abb. 6) ausgeführt, während die Anordnung einzelner mit Schlägel und Meißel (Abb. 7 und 8) hergestellter Vertiefungen bei härteren Gesteinen die Regel bildet.

In die Schräm- bezw. Einzellöcher werden mit oder ohne Verwendung eines Futters aus Blech bezw. Holz Stahlkeile (Abb. 5) eingesetzt, gleichmäßig eingetrieben — „angezogen" — und hierdurch das Abspalten des Blockes bis zur nächsten natürlichen oder künstlich hergestellten Kluft bewirkt.

Im besonderen ist diese Gewinnungsart bei Absonderung der Gesteine in wenig mächtigen Bänken vorteilhaft. Man spricht hier von „Abhubspalten".

Als eine Abart des Keilspaltens ist das Pflocksetzen zu bezeichnen; dieses besteht in der Verwendung von stark getrockneten, in die Spaltebenen eingetriebenen Holzkeilen, welche später, mit Wasser angegossen, aufquellen und durch die hierbei entstehende Kraft das Gestein spalten. In ähnlicher Weise ist auch die Volumenvergrößerung des Wassers bei seiner Erstarrung zu Eis ausgenützt worden, indem man in kalter Jahreszeit die Keillöcher mit Wasser vollgoß, sie schloß und dieses gefrieren ließ. —

3. Die Schrämarbeit. Diese beruht in einem Herausschneiden eines größeren Gesteinblockes unmittelbar aus dem Felsen und ist ausschließlich bei weichem Gesteine, wie Sandstein, Marmor, Tuffstein u. s. f., üblich. Nach Freilegung einer wagerechten Oberfläche werden in den Fels mit Hilfe von Spitzhacken tiefe, den Block begrenzende Rinnen — von einer Tiefe gleich der Blockhöhe — eingearbeitet und zum Schlusse der allseits freigelegte Block durch Keilspalten von seiner Unterfläche abgehoben.

Während in Deutschland diese Arbeit ausschließlich von Hand aus verrichtet wird, werden in anderen Ländern, besonders in Amerika, hierzu vielfach Maschinen herangezogen, welche entweder auf dem Grundsatz der Sägen (Bandsägen und Kreissägen) beruhen, oder die Schräme mit Hilfe von Meißeln, welche durch Maschinenkraft in das Gestein eingestoßen werden, herstellen.

4. Die Unterhöhlarbeit. Ist die Abraummasse groß, das Gestein weich und dabei sowohl parallel als senkrecht zur Felswand zerklüftet, so daß einzelne größere prismatische Wände entstehen, so kann zweckmäßig von der allerdings für die Arbeiter nicht ungefährlichen Unterhöhlarbeit Verwendung gemacht werden. Dieselbe — in den Steinbrüchen des Elbsandsteingebirges beliebt — besteht in der Beseitigung einer am Fuße der durch Klüfte begrenzten und für sich ein Ganzes bildenden Felswand liegenden, vielfach weicheren Gesteinsschicht. Während der Arbeit wird die Felswand auf hölzernen Stempeln abgestützt oder es werden einzelne Pfeiler stehen gelassen. Um eine frühzeitige Bewegung in der Wand zu bemerken, werden zwischen die Stempel und ihre Fundamente, sowie in Fugen der Pfeiler Glasplatten oder dergl. eingelegt, welche sofort durch ihr Zerspringen etwa eintretende Bewegungen der Felswand anzeigen und die Arbeiter warnen. Ist die ganze „einzutreibende" Wand unterhöhlt, so werden die stützenden Stempel bezw. Pfeiler fortgesprengt und die Wand in ihrer ganzen Ausdehnung zum Einsturze gebracht. Es liegt auf der Hand, daß sich bei dieser Gewinnungsmethode zwar eine erhebliche Menge Abfallmaterial bildet, daß sie aber andererseits billig ist und mit einem Male eine sehr erhebliche Gesteinsmenge zu weiterer Bearbeitung liefert. Auch braucht der Abraum vorher nicht beseitigt zu werden; da er ferner beim Einsturz der Wand am weitesten von deren Fußpunkt entfernt fällt, wird er zugleich auf natürliche Weise von dem frischen Gesteine getrennt. —

5. Die Sprengarbeit. Dieser geht die Herstellung der Bohrlöcher, in welche die Sprengpatronen eingesetzt werden, voraus, eine Arbeit, die in Deutschland meist von Hand aus zu erfolgen pflegt. Zur Verwendung kommen bei hartem Gesteine meist meißelartige Bohrwerkzeuge, von Hand aus umgesetzt und durch kräftige Hammerschläge

eingetrieben, bei weichem Gesteine hingegen meist 1—3 m lange schwere Stoßbohrer (Tafel I, Abb. 9), welche durch die Kraft eines oder mehrerer Arbeiter in den Felsen hineingestoßen werden. Maschinen zur Herstellung der Bohrlöcher zu verwenden, ist in den Steinbruchbetrieben Deutschlands bisher wenig üblich, wenn auch gerade hier die großen Vorteile der Maschinenverwendung sich zeigen dürften[1]).

Die Tiefe des Bohrloches beträgt in der Regel das Dreifache der Länge der Patrone; nachdem diese in den untersten Teil des Bohrloches eingeführt ist, wird letzteres bis zur halben Höhe mit losem „Besatz" (Sand, Bohrmehl u. s. w.) angefüllt und oberhalb mit eingestampften Lehm oder ähnlichen, etwas plastischen Stoffen „abgedämmt". Zur Sprengung findet, wenn der Fels nicht zu sehr zerstückelt werden darf, Schießpulver, sonst Dynamit, Roberit u. s. w. Verwendung. Die Zündung der Schüsse erfolgt besser auf elektrischem Wege, als durch Verwendung von Zündschnuren.

Das Sprengverfahren ist vorwiegend dort am Platze, woselbst es sich um Gewinnung von Schotter-, Pflaster- oder rohen Bruchsteinen handelt, jedoch weniger zweckmäßig zur Erzeugung größerer Steinblöcke, da hierbei einerseits unverhältnismäßig viel Abfall entsteht, andererseits auch durch den gewaltsamen Vorgang des Sprengens Risse in den größeren Blöcken entstehen können.

Erwähnenswert wäre noch das Absprengen großer Wände durch sogen. Riesenminen, darin bestehend, daß in die abzusprengende Felspartie ein tiefer Stollen geführt und an dessen Ende eine Sprengkammer angeschlossen wird. Nach Füllung dieser mit einer großen Anzahl von Säcken voll Sprengstoff findet das Absprengen der Felswand im ganzen statt[2]).

Als weniger häufige Gewinnungsarten seien kurz noch genannt:

6. Das Absprengen der Steine mittelst „Feuersetzens". Dies heute nur noch an wenigen Stellen z. B. bei der Schmirgelgewinnung auf Naxos verwendete Verfahren besteht in der Einwirkung starker Temperaturunterschiede auf die Festigkeit des Gesteins, erzeugt einerseits durch die Hitze eines Feuers, andererseits durch plötzliche Abkühlung der erwärmten Stelle mittelst Wassers.

7. Das Absprengen bezw. Abspülen von Felsstücken mittelst eines gegen diese geführten Druckwasserstrahles — ein Verfahren, das heute kaum mehr in Anwendung sein dürfte.

b) Unterirdischer Abbau. Dieser erfolgt unter Vortreiben von Stollen nach bergmännischen Regeln und bildet für den Steinbruchbetrieb einen Ausnahmezustand wegen der sehr hohen Betriebskosten, der Möglichkeit, vorwiegend nur im Bergbau erfahrene Arbeiter zu verwenden, sowie wegen der Schwierigkeit, größere Blöcke zu fördern. Je nachdem das Abbruchmaterial in den ausgebeuteten Gesteinsgängen zur Ablagerung gelangt oder mit dem Nutzgestein nach außen gefördert wird, unterscheidet man einen Betrieb mit und ohne Bergeversatz.

Bekanntere unterirdische Steinbrüche sind: der Basaltlavabruch zu Niedermendig unweit des Laacher Sees, der Serpentinbruch bei Zöblitz in Sachsen, der Burgberger-Grünsandsteinbruch bei Sonthofen, der Savonnières-Kalksteinbruch in Französisch-Lothringen u. a. m.

Die wichtigeren, bei den Steingewinnungsarbeiten verwendeten einfachen Werkzeuge sind in den Abb. 1—9 der Tafel I dargestellt.

---

[1]) Über die verschiedenen Arten der Bohrmaschinen ist die einschl. Literatur zu vergleichen, im besonderen das Handb. d. Ing.-Wissenschaften, Teil Baumaschinen.

[2]) Auf solche Weise wurden z. B. bei den Regulierungsarbeiten am eisernen Tor Felswände unter Verwendung bis zu rd. 12000 kg Dynamit auf einmal gesprengt.

§ 9. Die Bearbeitung der natürlichen Gesteine.

Die Bearbeitung der natürlichen Gesteine kann sowohl durch Hand als auch durch Maschinen erfolgen; das erstere ist bei weitem das häufigere.

A. Die Bearbeitung von Hand aus. Diese richtet sich sowohl nach der Zusammensetzung und dem Zusammenhalte der Steine, als auch nach ihrer Arbeitshärte, d. i. dem Widerstande, welchen die Steine dem Angriffe der Werkzeuge entgegensetzen. Während weiche und wenig haltbare sowie spröde Gesteine nicht mit schweren Werkzeugen behandelt werden dürfen, da sie sonst Risse erhalten, verlangt hartes und zähes Material kräftige und schwere Werkzeuge aus härtestem Stahl.

Nachdem die aus dem Bruche gewonnenen größeren Steine durch Aufteilung annähernd in Steine der geforderten Größe und Form zerlegt worden sind, findet ihre erste rohe Bearbeitung — und zwar noch im Bruche selbst — durch „Bossieren" statt. Es erhalten hierdurch die Steine etwa die Gestalt eines Rechteckers; zugleich werden ihre Flächen in den „roh behauenen oder gespitzten" Zustand übergeführt. Als Werkzeuge verwendet man bei hartem Gestein den Bossier-Hammer (Abb. 10) bezw. das Handfeustel oder den Schlägel (Abb. 7) sowie Meißel oder Spitzeisen (Abb. 11), bei weichem Material den Zweispitz (Abb. 12).

Der Bossierhammer, desgl. das Handfeustel — gedrungene Eisenhämmer von 2 bis 4 kg Gewicht — besitzen quadratischen Querschnitt und werden in der Mitte von einem, zur Aufnahme des Stieles dienenden Loche durchsetzt. Die Bahnen dieses Schlagwerkes sind verstählt, beim Bossierhammer eben, beim Schlegel ein wenig erhaben geformt sowie gegen den Stiel etwas geneigt.

Die Meißel — auch Schlageisen genannt — werden stets mit dem Feustel getrieben, sie sind je nach der Härte der einzelnen Steinarten verschieden breit, bei den härtesten Sorten am schmälsten und fast in eine Spitze auslaufend — alsdann Spitzeisen genannt (Abb. 11).

Die Zweispitze besitzt (Abb. 12) zwei Pyramidenspitzen und eine geringe Krümmung nach dem Stiele zu.

Bei dieser rohen Bearbeitung des Steines wird bei Werksteinen für jede der 3 Hauptrichtungen der sog. Bruchzoll — etwa 3 cm — zugegeben, um eine spätere weitere Abarbeitung bis zur genauen Grösse zu gestatten. Die im allgemeinen rauhe und buckelige Oberfläche zeigt hier bei hartem, zähem und körnigem Gesteine unregelmäßig gerundete Erhebungen zwischen schmalen Meißelfurchen, bei sprödem Material flachschalige, bei Konglomeraten kugelförmige Vertiefungen und Erhöhungen, bei weichem Gestein gleichmäßig höckerige Gestaltung mit wenig tiefen Furchen.

Die weitere Bearbeitung der Werksteine besteht im Aufbänken derselben, oder der Herstellung der Schläge, d. i. ebener etwa 3 cm breiter, zueinander genau senkrecht stehender, um die Ansichtsfläche des Steines sich herumziehender Streifen. Der zunächst noch unbearbeitete Teil des Steines innerhalb der Schläge führt den Namen Posten. Es ist dafür Sorge zu tragen, daß sein tiefster Punkt stets noch über der tiefsten Stelle der etwa 3 cm tief auszuführenden Schläge liegt.

Die Herstellung der Schläge, welche eine mehr oder weniger grobe Riffelung senkrecht zu den Außenkanten erhalten, erfolgt bei hartem und weichem Gesteine mit Hilfe des Schlageisens (Abb. 13), eines mit breiter, flachbahniger Schneide versehenen Meißels, der bei hartem Material mit dem Schlegel, bei weichem mit dem — vielfach aus Weißbuche hergestellten — Holzklöpfel (Abb. 14) getrieben wird. Bei weichem Gesteine finden auch Zahnmeißel mit abgeflachten Zähnen (Abb. 15) Verwendung.

Bleibt der Posten vollkommen unbearbeitet, so kann der Stein zu „Rustika"-Mauerwerk Verwendung finden. Soll hingegen der Posten eine ebene Oberfläche erhalten, so kann dies bei hartem Gesteine erfolgen durch eine weitere Bearbeitung mit Bossierhammer und Spitzeisen, weiter durch den Zahnhammer (Abb. 16), der beiderseitig parallel zur Stielachse stehende verzahnte Schlagbahnen besitzt, und zuletzt durch den Stock- oder Kraushammer (Abb. 17). Der letztere hat quadratische, ebene — seltener gewölbte — Bahnen, welche mit abgestumpften vierseitigen Pyramiden-Spitzen vollständig besetzt sind, und beim Aufschlagen auf die bereits ziemlich geebnete Steinoberfläche eine mehr oder weniger feine Körnung dieser bewirken; hiernach werden fein-, mittel- und grob-gekörnte oder -gestockte Oberflächen unterschieden. — Solche zeigen meist Treppenstufen, Trottoirplatten u. a. m.

An Stelle des Stockhammers findet auch der Zahnmeißel Verwendung, dessen Schneide aus einer Anzahl scharfer Spitzen besteht. Diese hinterlassen in der Steinoberfläche kleine regelmäßige Furchen von großer Gleichmäßigkeit — gezähnelte Flächen.

Bei weichem Gesteine findet die Abarbeitung der gröberen Unebenheiten des Postens zunächst mit der bereits genannten Zweispitze, alsdann mit der Picke (Abb. 18) und weiter mit dem Kröneleisen statt (Abb. 19). Die Picke besitzt zwei zum Stiele senkrecht stehende breite Schneiden, welche nicht selten mit Zähnen versehen werden (Flachhammer, Zweiflach). Das Kröneleisen (Abb. 19) besteht aus einem eisernen, oben geschlitzten Griffe, durch welchen hierselbst eine Anzahl im Querschnitte quadratischer, oben zugespitzter Stahlstäbe gesteckt sind, welche unter sich und im Stiele durch einen Eisenkeil festgehalten werden.

Eine noch größere Ebnung der Oberfläche weicher Steine wird durch Scharrieren erzielt. Hierzu bedient man sich der Halb- und Scharriereisen (Abb. 20), d. s. besonders breite Schneiden zeigende Meißel, welche mit dem Holzklöpfel getrieben, in die Steinoberfläche lauter parallele Riefen einarbeiten — scharrierte Flächen.

Zu gleichem Zwecke kann man auch den Flachhammer (Abb. 21) benutzen; hin und wieder findet auch ein Meißel (Scharriereisen) mit abgeflachten Zähnen zur Ebnung der Oberflächen weicher Steine Anwendung.

Alle die vorgenannten Werkzeuge, deren Abbildungen sich auf Tafel I befinden, werden meist unter einem, nach verschiedenem Material veränderlichem Winkel von etwa 45° so gegen den Stein geführt, dass das Eisen nie in die auszuarbeitende Fläche eindringt. Nähert sich die Bearbeitung einer der Außenkanten, so muß, um ein Abspringen der Kanten zu verhindern, die Arbeit von der Seite der Kante nach innen zu weiter geführt werden. Bei sprödem Gesteine ist es hierbei zweckmäßig, zur Schonung der Kanten das Werkzeug nach dem Innern des Steines zu neigen.

Eine weitere Bearbeitung zur Erzielung einer noch größeren Ebenheit der Oberfläche geschieht bei Werksteinen durch Schleifen und Polieren. Hierbei tritt bei vielen Materialien deren Schönheit, Farbe und Struktur erst deutlich zutage. Beim Schleifen werden die letzten Unebenheiten dadurch beseitigt, daß ein härterer Körper, sei es ein härterer Stein selbst oder ein Schleifpulver, über die Steinoberfläche hin und hergeführt wird. Findet Schleifpulver Verwendung, so wird hierbei von mit Filz oder Leder benagelten Holzscheiben oder von solchen aus Stahl, Blei, Kupfer Gebrauch gemacht. Geschliffen wird stets unter reichlicher Zuführung von Wasser zur Schleiffläche, da dieses eine gleichmäßige Wirkung des Schleifmittels befördert und bereits beseitigte Oberflächenteilchen fortspült.

Begonnen wird zunächst mit dem grobkörnigen Mittel und dann stufenweise, wenn das gröbere unwirksam wird, d. h. trotz reichlicher Wasserzuführung an den Stein-

flächen haften bleibt, zu feineren Schleifmitteln übergegangen. Dementsprechend unterscheidet man auch Rauh- und Feinschleifen. Als Schleifmittel selbst sind zu nennen: Sandstein, Bimsstein, Sand, Schmirgelpulver, Gußstahlpulver (Stahlmasse), Granat u. s. w.

Das Schleifen ist, falls später der Stein poliert werden soll, soweit fortzusetzen, bis sich keinerlei Rauhigkeit bei Befühlen der Steinoberfläche mehr bemerkbar macht. Ist das Gestein porös, so kann man dasselbe nach dem Schleifen durch Tränkung mit den weiter unten noch besonders zu besprechenden Keßlerschen Fluo-Silikaten oder mittelst Testalin porenlos machen. Unter anderem ist diese Methode im Gebrauche bei Nachahmung von Marmor durch weichere Kalksteinsorten [1]).

Durch Polieren (Glanzschleifen) wird den Gesteinen eine spiegelnde Oberfläche verliehen. Im besonderen eignen sich hierzu: Marmor, Granit, Syenit, Porphyr, die Hornblende-Gesteine, Serpentin und Alabaster. Je verschiedener die Zusammensetzung eines Gesteines, im besonderen die Härte und Größe seiner einzelnen Bestandteile ist, um so schwieriger gestaltet sich auch die Ausführung des Glanzschleifens.

Die Poliermittel selbst müssen, um eine im höchsten Grade gleichmäßige Oberflächenschicht zu erzielen, äußerst feine, vollkommen gleichartige und scharfe Pulver sein. Die härteren derselben werden wiederum unter Wasserzuführung meist mit Metallscheiben und unter geringerem Drucke, die weicheren unter Vermittelung von Leder, Filz, Leinwand und bei stärkerer Anpressung über die Steinoberfläche hin und hergeführt. Als Poliermittel sind vorwiegend im Gebrauche für weichere Steine: feiner Quarzsand, Schlämmschmirgel, Schwefelblume, Holzkohle, Kalk (ungelöscht und gelöscht), Kreide, Tripel [2]), Kieselgur, Zinnasche, Speckstein; für härtere Materialien Schmirgel, geglühtes und geschlämmtes Eisenoxyd, Crocus-Stahlglanz (feinstes geglühtes Eisenoxyd + Bimssteinschlamm + Zinnasche), Kolkottar (unreines rotes Eisenoxyd), Diamantin (runde Metallkörner) [3]) u. s. w.

Bei dem Glanzschleifen der Hornblende- und gemengten Feldspatgesteine hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, den Stein mit wenigen Tropfen Salpeter- oder Schwefelsäure zu netzen, wodurch die Arbeit beschleunigt und der Glanz erhöht wird.

Wenn auch die Politur geeignet erscheint, die Wetterbeständigkeit der Gesteine durch Schaffung einer glatten, angriffslosen Oberfläche eine Zeitlang zu vergrößern, so muß doch hervorgehoben werden, daß die Politur dauernd nur bei sehr harten Gesteinen den atmosphärischen Einflüssen zu widerstehen vermag. —

Beim Glanzschleifen weicherer Steine sind farbige Poliermittel zu vermeiden, weil sie in die Poren der Steine eindringen und deren Färbung wie Glanz ungünstig beeinflussen.

Die Herstellung von Steinplatten von Hand aus erfolgt entweder unmittelbar durch Abspalten vom Felsen oder durch Zerteilen größerer Blöcke, parallel zu den natürlichen Spaltungsflächen, vielfach — so beim Schiefer — unter Verwendung langer, biegsamer Meißel — sogen. Spalteisen (Abb. 22, Tafel I). Die regelmäßige Form der Platten — besonders wieder der Schieferplatten — wird entweder mit Hilfe des Schieferhammers (Abb. 22) oder einer Schieferschere [4]) hergestellt, die Lochung mit der Spitze des ersteren Werkzeuges ausgeführt.

---

[1]) Unganze oder schadhafte Stellen können mit Kitt, Sorellschem Magnesiazement u. dergl. ausgefüllt werden; jedoch ist dies Verfahren naturgemäß nur bei untergeordneten Baulichkeiten gestattet.

[2]) Ein kieselgur-ähnliches Produkt der Kieselsäure.

[3]) Vergl. auch Seite 74 u. 76.

[4]) Dieses Werkzeug ist einer Blechschere nachgebildet.

Neben der Bearbeitung der einfacheren Werksteinformen u. s. w. von Hand aus kommt noch die Herstellung von Säulen, Profilen, Gesimsen, Konsolsteinen, Ornamenten u. s. w. von Hand aus in Frage. Bei der sehr langwierigen Herstellung von Steinsäulen mittelst des Meißels und Hammers wird durch Abarbeiten der Kanten aus dem rohen Blocke allmählich ein Vierkant, Achtkant u. s. w. hergestellt, bis allmählich die Zylinderform erreicht ist. Soll die Säule eine Anschwellung oder Verjüngung erhalten, so wird ihre Form hierbei durch angelegte Lehren kontrolliert.

Bei Herstellung der Gesimse, Profile, Konsolsteine u. s. w. von Hand aus bedient man sich hölzerner oder aus Blech geschnittener Voll- oder Halbschablonen in natürlicher Größe, welche auf den Querschnitt des Werkstückes aufgezeichnet werden, oder man benutzt Modelle, deren Abmessungen durch einen Zirkel auf die Steine zu übertragen sind. Letztere Arbeitsart ist im besonderen bei Ornamenten und verwickelteren Profilen Gewohnheit. Neben Meißeln finden hier verschieden gestaltete Nuteisen, Hohleisen und dergl. Verwendung. Bemerkt sei allerdings, daß gerade auf diesem Gebiete die Anwendung der Maschinen eine immer größere Bedeutung erlangt hat; denn gerade hier ist sie dem Arbeiter durch die Genauigkeit der Arbeit: Schaffung vollkommen gerader Linien, scharfer Kanten, genauer Profile und durch ein somit bedingtes gutes Zusammenstimmen der einzelnen Teile dauernd überlegen.

B. Die Bearbeitung der Gesteine durch Maschinen. Der Grund, daß die, in erheblichem Maße Zeit ersparenden Maschinen in der Steinbearbeitungstechnik die Handarbeit noch nicht verdrängen konnten, liegt neben der Höhe der Anschaffungs- und vornehmlich der Unterhaltungskosten auch in der Art des zu bearbeitenden Materials begründet, im besonderen in der Ungleichartigkeit der Gesteine in bezug auf Härte, Sprödigkeit, dem Vorhandensein größerer Kristalle, bröckeliger Bestandteile und dergl. Die erst bei dem, immer fühlbarer werdenden Mangel an geeigneten Arbeitskräften mehr und mehr zur Anwendung gelangten Maschinen finden mit zufriedenstellender Leistung vorwiegend zur Bearbeitung gleichartiger, zäher und im besonderen gleichmäßig harter Gesteine Anwendung; auch spricht hier die Herstellung einfacher Formen mit. Eine allgemeine Regel dafür, welche Gesteine eine maschinelle Bearbeitung mit Erfolg zulassen, läßt sich nicht aufstellen. Hier können im einzelnen Falle nur praktische Versuche von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Nach der Art der Arbeit kann man als wichtigste Gruppen unterscheiden:

a) Steinsägen,
b) Fräsmaschinen,
c) Hobelmaschinen,
d) Drehbänke und Steinschälmaschinen,
e) Schleif- und Poliermaschinen,
f) Steinbrechmaschinen.

a) Steinsägen. In Frage kommen Handsägen und solche mit maschinellem Antriebe.

Handsägen finden nur bei weichem Material Anwendung; nur bei sehr weichen Kalksteinen sind die geraden Blätter mit Zähnen versehen, sonst sind sie zahnlos oder mit kleinen Spitzen schwarzer Diamanten ausgerüstet. Die Einführung eines Schleifmittels, welches die Tätigkeit der Säge verstärkt, ist unter Zuführung von Wasser stets notwendig; letzteres wirkt einerseits kühlend, andererseits führt es den Sägeschlamm fort. Als

Schleifmittel sind je nach der Gesteinshärte gebräuchlich: Quarzsand sehr gleichmäßigen Korns, Schmirgel und Diamantin-Metallkörner in runder oder kantiger Form[1]).

Von den maschinell betriebenen Sägen sind zu erwähnen.

α) Gattersägen, meist mit wagerechter Schnittbewegung, mit einem oder mit mehreren übereinander sitzenden, geraden Sägeblättern ausgerüstet; letztere können mit Diamanten besetzt sein oder den Stein unter Zuhilfenahme von Schleifmaterial zerschneiden, allerdings unter sehr herabgeminderter Leistungsfähigkeit gegenüber der ersten Art. Die Sägeblätter sind bis 4 m lang, höchstens 60—70 cm breit und bis 5 mm stark. Die gewöhnlichen Abmessungen schwanken zwischen 12—20 cm Breite bei 3—5 mm Stärke. Die Länge des Sägeblattes übertrifft um ungefähr 1 m die Größe des zu zersägenden Blockes. Die Sägeblätter selbst bestehen — und dies gilt allgemein — beim Sägen mit Sand aus weichem Material — Schmiedeeisen —, bei Verwendung von Diamantin oder Besetzung mit Diamanten aus Stahl. Je dicker das Sägeblatt ist, desto schneller schneidet es, vorausgesetzt, daß seine Stärke in richtigem Verhältnisse zur Körnung des Sägematerials steht.

β) Bandsägen. Dieselben arbeiten entweder nur mit einem, durch Scheiben geführten Stahldraht oder Seil ohne Ende unter Hinzufügung von Schleifmaterial oder mit einem wagerecht oder lotrecht liegenden endlosen Eisenbande mit Schnittmasse oder Diamantenbesatz; das Band läßt sich auch gewünschten Falles in Form einer Kurve führen und gestattet somit beliebig geformte Schnittflächen auszuführen.

Schneideseile finden auch zur Abtrennung von Blöcken aus dem Gesteinsmassiv Verwendung und sind — gerade hier — bei nicht allzu hartem Material als gut bewährt zu bezeichnen. Zur Anbringung von Führungsrollen sind hierbei nötigenfalls Vertiefungen zu beiden Seiten des abzusägenden Quaders in das Gestein einzuarbeiten.

γ) Kreissägen. Dieselben sind meist an wagerechter Achse[2]) und für gewöhnlich in Mehrzahl und zueinander verstelibar, seltener an senkrechten Achsen montiert. Sägeblätter mit Zähnen können nur für ganz weiche Kalksteine Verwendung finden, glatte Kreissägeblätter in Verbindung mit Schleifmaterial zeigen eine geringe, solche mit Diamantbesatz eine sehr gute Leistung. Diamantkreissägen besitzen Scheiben bis zu 2,0 m Durchmesser und bis 7 mm Stärke; auf je 1 m Umfang entfallen 25—30 Diamanten, welche mit Hilfe besonderer Stahlplättchen absolut fest gefaßt und an beiden Seiten am Scheibenumfange schwalbenschwanzartig festgekeilt sind.

Neben den Metallsägeblättern sind, besonders in neuerer Zeit, Scheiben aus Carborundum — Carborund-Kreissägen — vielfach in Aufnahme gekommen.

Carborund ist ein nach patentiertem Verfahren mittelst des elektrischen Stromes hergestelltes Siliciumcarbid von größerer Härte als Corund, in dieser Hinsicht also nur vom Diamant übertroffen. Aus dem kristallinischen Pulver werden mittelst keramischer Bindemittel durch Brennen bis zur Weißglühhitze die Carborundscheiben für jeden Verwendungszweck passend hergestellt. Durch verschieden grobe Körnung des Carborunds und die Menge des Bindemittels läßt sich jede gewünschte Scheibenqualität für die einzelnen Gesteinsarten herstellen.

Die Carborundsägen[3]) arbeiten genau wie Diamantsägen, nur mit Wasserzuführung, ergeben etwa die gleiche Leistung, zeichnen sich aber dadurch aus, daß die Betriebskosten wesentlich geringer sind, die Instandhaltung sehr einfach ist und die Sägen gleich gute Anwendung bei härtestem Granit und bei weichstem Kalk- und Sandsteine finden.

---

[1]) Von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz, patentamtl. geschützt. Im besonderen wird für Sägearbeiten die runde Form bevorzugt. Im Vergleiche zu Sand arbeitet Diamantin bei geringerem Drucke 3—6 Mal so viel als Sand, gebraucht also bedeutend weniger Kraft.

[2]) Alsdann können Blöcke von doppelter Schnitthöhe zersägt werden.

[3]) Patent von Emil Offenbacher in Markt-Redwitz.

Neben dem Zerteilen von Blöcken finden Steinkreissägen Anwendung zum Bearbeiten kleiner Flächen, zum Säumen, Vierkanten, zum Einschneiden von Nuten u. s. w.

Für letzteren Zweck ist vielfach eine Maschine in Anwendung, bei welcher zwei zueinander senkrecht stehende Blätter die Arbeit verrichten: die Nutensäge.

Als den Kreissägen nahestehend und oft mit diesen verbunden sind an zweiter Stelle zu nennen

b) die Fräsmaschinen. Für diese finden z. Z. vorzugsweise Carborundscheiben der verschiedensten Profilgestaltung — entsprechend dem gewünschten Querschnitte — und bis zu 600 mm Durchmesser Anwendung.

Es findet sowohl ein Einfräsen von Profilen, als auch ein gleichzeitiges Auseinanderfräsen zweier Plattenteile, also die gleichzeitige Herstellung zweier (im Spiegelbilde zueinander stehender) Profile statt.

Neben einfachen Profilen sind auch verwickeltere durch Zusammensetzen einzelner Scheiben unschwer zu erzeugen.

Die Fräs-Carborundscheiben erfordern, wenn sie durchaus gut arbeiten und der Gefahr des Springens nur in geringem Grade ausgesetzt sein sollen, sehr kräftig gearbeitete Spezialmaschinen, um ein Vibrieren und Stoßen der Scheiben auszuschließen; zudem ist die Vorsicht geboten, einerseits die Scheibe nicht fest mit der Welle zu verkeilen, sondern sie mit elastischen Zwischenlagen auf derselben zu befestigen, andererseits das zu fräsende Werkstück automatisch und nicht allzu fest gegen die Scheibe zu drücken, da sonst ein Unrundwerden dieser und ein Springen eintreten kann.

Meist wird während des Fräsens zur Vermeidung einer unliebsamen Erwärmung wie zur Beseitigung des Schleifstaubes Wasser zugeführt.

c) Hobelmaschinen. Diese Maschinen, im allgemeinen den für Holz- und Metallbearbeitung verwendeten Konstruktionen nachgebildet, arbeiten entweder mit einem oder mehreren festen Stählen, drehbaren Rollmessern oder mit auf Scheiben oder Walzen angeschlossenen, schwingenden oder rotierenden Schneidewerkzeugen; die letzteren Arten stehen mithin den unter b) beschriebenen Fräsmaschinen nahe. Es können sowohl ebene Flächen als auch beliebige Profile gehobelt werden, letztere alsdann, wenn die Schneidewerkzeuge nach bestimmten Schablonen geformt sind.

Die oft mit auswechselbaren Diamanten ausgestatteten Messer sollen möglichst ohne Stoß auf die Oberfläche des Steines einwirken, dieselbe vielmehr unter reichlichem Wasserzuflusse langsam abschaben.

Das oft recht erhebliche Abmessungen zeigende Werkstück liegt während der Bearbeitung auf einem, in der wagerechten Ebene und in seiner Längsrichtung verschieblichem Tische, wird also unterhalb der am Maschinengestelle festgelegten Messer verschoben.

d) Drehbänke und Steinschälmaschinen. Die Steindrehbänke sind den Metalldrehbänken nahe verwandt. Vorwiegend finden sie zum Abdrehen von Säulen Verwendung, besitzen aber meist auch Vorrichtungen, um einerseits in diese Profile (mittelst Carborundscheiben) einzuschneiden, andererseits die Säulen zu polieren. Das zwischen einem festen und einem verschieblichen Kopfe fest aber drehbar eingespannte Arbeitsstück wird entweder durch 2—4 Stahlmesser abgedreht oder mittelst besonderer Schälmesser abgeschält. Im ersteren Falle sind die Messer an zwei sich gegenüberliegenden „Supporten“ befestigt, die ihrerseits in der Richtung der Säulenachse verschiebbar sind, während die Schälmesser, um 90° abgekröpfte und mit auswechselbaren Diamanten besetzte Stahlmeißel, eine Säulenbearbeitung bis zu 600 mm Durchmesser dieser gestatten, und zwar in der Art, daß sie in das Kopfende der Säule einen Kreis entsprechend dem gewünschten Säulenquerschnitte, und bis 10 cm Tiefe hineinbohren oder -drehen; der so unterschnittene

Mantel wird mit einem Hammer abgeschlagen, alsdann von neuem ein Stück abgeschält u. s. w.[1]). Die Anwendung zweier gegenüberliegenden Arbeitsstellen hat den großen Vorteil, daß ein einseitiger, das Werkstück leicht zum Brechen bringender oder eine unrunde Form bewirkender Kraftangriff einerseits vermieden wird, und andererseits die Arbeit beschleunigt und verbessert wird.

Soll die Säule eine unregelmäßige Form, eine Schwellung, einen Anlauf, Profilierung u. dergl. erhalten, so werden die Supporte unter den Einfluß einer leicht auswechselbaren, eisernen oder hölzernen Schablone gebracht, welche den Drehmeißeln oder Abschälmessern jede gewünschte Führung zu teil werden läßt.

e) Schleif- und Poliermaschinen. Diese früher nur zu Vollendungsarbeiten, heute wie weiter unten hervorgehoben wird, auch zu Formgebungsarbeiten benutzten Maschinen bestehen meist aus — und zwar in der Regel in wagerechter Ebene — rotierenden, seltener aus geradlinig bewegten Scheiben. Diese verrichten unter Zuhilfenahme der bereits auf Seite 72 erwähnten Schleif- und Poliermittel und unter ausreichender Wasserzuführung die Abrichtarbeiten. Bei hartem Gesteine und Verwendung von Diamantin oder ähnlichen Körpern bestehen die Scheiben aus bestem Hartguß, bei weicherem Gesteine — und Sand oder dergl. als Schleifmittel — aus zähem Roheisenguß. Die sich wagerecht drehenden Schleif- und Poliermaschinen, auch horizontale Abrichtmaschinen oder Schurscheiben genannt, arbeiten in der Regel so, daß der Stein selbst durch Anketten an das Maschinengestell festgelegt wird und unter ihm sich die Abrichtscheibe hinwegbewegt. Vertikale Schleif- und Poliermaschinen mit senkrecht stehender Abrichtscheibe finden meist nur zur Bearbeitung der Köpfe langer Werkstücke u. dergl. Verwendung, da diese sich auf den wagrechten Schurscheiben schwer schleifen und polieren lassen.

Maschinen mit geradliniger Bewegung der Schleifscheiben — die ältere Art — sogen. Zug-Schleif- und Poliermaschinen werden im besonderen gern bei der Schlußbearbeitung von durch Hand roh hergestellten Säulen, aber auch ebener Stücke verwandt; hierbei bewegen sich oberhalb der — wie bei einer Drehbank eingespannten — Säule eine Anzahl ebener oder konkaver Schleifscheiben über diese hinweg; die in Richtung der Säulenachse hin und her gehende gradlinige Bewegung wird meist durch einen Exzenter bewirkt. Zur Verstärkung der Schleifarbeit finden hier zudem vielfach auch noch feste Scheiben Verwendung, welche schräg gegen die Seiten sowie von unten gegen die Säule gedrückt werden und meist trogartig unter sich verbunden sind, schon um eine dauernde Benutzung des einzuführenden Schleifmaterials zu gestatten. Durch die Hin- und Herbewegung der oberen Scheiben wird das Auftreten von ringförmigen Rillen auf der Oberfläche verhindert.

Zwischen diesen Zugschleifmaschinen und den in erster Stelle genannten Schurscheiben stehen die „rotierenden“ Zug-Schleif- und Poliermaschinen, bei denen die oberhalb des Werkstückes liegenden Scheiben an exzentrisch gelagerten, senkrechten Armen befestigt, sowohl eine drehende als auch eine hin- und hergehende Bewegung ausführen.

Wie vorerwähnt finden z. Z. Schleif- und Poliermaschinen — und zwar nach dem Hergenhahnschen Verfahren — auch bei den verschiedensten Graden der Formgebung Verwendung. Roh gespitzte, also nur bruchmäßig bearbeitete Steine aus härtestem Granit, wie aus weicheren Materialien, werden hierbei glatt bearbeitet, somit das kostspielige, schleifrechte Stocken u. s. w. erspart und in kürzerer Zeit eine viel bessere Arbeit erzielt; ferner können Profilierungen durch kleine Schurscheiben (aus Eisen oder Carborund), an

[1]) Diese patentgeschützte Maschine kann auch sehr zweckmäßig Verwendung finden zur Herstellung von Schleifsteinen etc. aus ebenen Platten.

deren Umfang sich das Gegenprofil der am Stein auszuschleifenden Profilierung befindet[1]), hergestellt werden u. s. w., ein Verfahren, das einer weiteren Entwickelung in der Zukunft entgegengehen dürfte. —

f) Steinbrechmaschinen. Das Prinzip derselben besteht meist darin, daß zwei geriffelte Hartgußbrechbacken, die eine pendelnde Bewegung gegeneinander ausüben, die Steine zerbrechen; hin und wieder ist auch die eine der Backen fest, die andere allein beweglich. Die bestimmte Größe der Steine wird durch die Größe der Annäherung und durch die Weite des Brechmauls, aus welchem die gebrochenen Steine nach außen gelangen, bedingt.

Als **Fertigstellungsarbeiten,** wenn auch in beschränkterem Maße, sind schließlich noch zu erwähnen das Färben, Ätzen und Vergolden von Steinen oder Teilen dieser.

Die künstliche Färbung der Steine findet vorwiegend bei Kalksteinen (Marmor) und weichen Sandsteinen Verwendung, ist aber nur bei vollkommen gleichmäßig porösen, gleich harten, nicht streifigen Gesteinen von guter Wirkung; vorausgehen muß ihr ein genaues Abschleifen der Oberfläche, nachzufolgen pflegt ihr das Polieren.

Einen haltbaren gelben Farbton auf weißem Kalk- und Sandstein erhält man nach Weber[2]) durch Auftragen von in Alkohol gelöstem Eisenchlorid auf die erwärmte Steinfläche. Ein anderes Mittel, eine beliebige Färbung bei Marmor zu bewirken, besteht darin, den Stein erst in eine Lösung von Eisenvitriol, alsdann in eine solche von Blutlaugensalz zu tauchen, ihn darauf mit Alaun zu beizen und nunmehr zu färben und zwar wird gelb durch Gummigutti, braun durch eine Asphaltlösung, rot durch Lösung des Harzes „Drachenblut", violett durch Asphalt und Drachenblut, grün durch Aloesaft oder Terpentin hervorgebracht.

Besonders gute Farbmittel bilden die, den bereits genannten Keßlerschen Fluaten entsprechenden Farbfluate, welche weiche Kalksteine in gute Marmornachahmungen umzuwandeln gestatten. Zu diesem Zwecke werden die Kalksteine in dünne Platten geschnitten, unter Verwendung eines die Poren schließenden hydraulischen Kalkes abgeschliffen, und alsdann mit den Farbfluaten getränkt; diese festigen die Steinfläche derartig, daß sie gut politurfähig wird.

Neben der Echt-Färbung findet auch vielfach eine, oft wenig gelungene Marmorimitation durch Überstreichen von Plattensteinen — im besonderen Schiefertafeln — mittelst Lack- oder Ölfarben statt. Man erkennt dieselbe unschwer an der Lösbarkeit des Farbenüberzuges in Alkohol oder Äther.

Geätzt werden polierte Steine entweder durch Einwirkung von Säuren oder durch ein Sandstrahlgebläse. Bei ersterer Art kommt für Marmor, Kalkstein, Dolomit u. s. w. verdünnte Schwefel- oder Salpetersäure, für Granit, Syenit, Porphyr, Diorit u. a. m. eine konzentrierte Lösung von Kieselfluorwasserstoffsäure in Betracht. Zunächst wird auf der zu ätzenden Steinfläche eine aus Wachs, Harz und ähnlichen Stoffen bestehende, mit einem Außenrand versehene Schutzschicht warm aufgetragen, in diese die einzuätzende Zeichnung einradiert, und alsdann auf den Stein etwa 15 mm hoch die Säure aufgegossen, um je nach der gewünschten Vertiefung der Ätzung hier kürzere oder längere Zeit stehen zu bleiben.

Beim Sandstrahlgebläse werden scharfe Quarzkörnchen mit erheblicher Kraft und Geschwindigkeit gegen die zu ätzende Stelle des Steines geschleudert und so Teilchen seiner Oberfläche abgelöst. Hierbei bedient man sich entweder einer Schutzschicht, in

---

[1]) Die Wirkung ist alsdann die der Fräsmaschinen.

[2]) Deutsche Industrie-Ztg. 1870, S. 496.

welche die Zeichnung eingearbeitet worden ist, oder macht von Kautschuk-, Pappe- oder Blechschablonen Gebrauch, aus welchen man die Zeichnung ausgeschnitten hat.

Erwähnenswert ist, daß Sandstrahlgebläse auch mit Erfolg zur Reinigung brandgeschwärzter Mauern Verwendung gefunden haben.

Zur Vergoldung von Steinoberflächen wird entweder Blattgold auf einer dünnen Unterlage von Kaseinkitt, Schellacklösung u. dgl. verwendet, oder es findet ein direktes Auftragen einer Goldchloridlösung auf die Steinflächen statt.

Kapitel IV.

Die Prüfung der natürlichen Gesteine.

§ 10. Die Prüfung im allgemeinen.

Die auf Grund internationaler Vereinbarungen des Verbandes für die Materialprüfungen der Technik zur Einführung gelangte Prüfung der natürlichen Bausteine liegt vorwiegend in der Hand der mechanisch-technischen Versuchsanstalten, staatlicher, vielfach in enger Verbindung mit den technischen Hochschulen stehender, wissenschaftlicher Arbeitsstätten. Die von diesen — im besonderen von den zur Prüfung der Baumaterialien eingerichteten Abteilungen — ausgeführten Untersuchungen erstrecken sich vorwiegend auf die Bestimmung der Festigkeit der Bausteine, ihrer Wasseraufnahmefähigkeit, ihres spezifischen Gewichtes, der Dichtigkeit und Porosität, der Härte, Abnutzbarkeit, der Wetter- und Frostbeständigkeit, hin und wieder auch auf die Formbarkeit, das Verhalten des Gesteins im Feuer u. a. m. Die Herstellung der für diese Untersuchung notwendigen Proben — vorwiegend Steinwürfel — sollte zweckmäßig ausschließlich seitens der Prüfungsanstalten selbst erfolgen und zwar aus größeren, von den Antragstellern, Behörden, Steinbruchbesitzern, Baumaterialienhandlungen, Unternehmern u. s. w., eingesandten Probestücken. Es wird hiermit die Möglichkeit gegeben, den Versuchen einerseits eine erwünschte Gleichartigkeit zu teil werden zu lassen, und andererseits die Proben so genau zu bearbeiten, daß sie untereinander — soweit dies die Natur der Gesteine überhaupt gestattet — vergleichbare Ergebnisse liefern, welche von störenden Fehlerquellen frei sind. Zugleich ist bei diesem Verfahren auch eine größere Unparteilichkeit in der Auswahl der Probestücke und somit die Erzielung wahrscheinlicherer Mittelwerte gesichert; zudem erscheint eine Verwechselung der für die Druckprüfung besonders wichtigen Lagerflächen des Steines mit anderen nicht zu befürchten. Auch wird bei der in der Prüfungsanstalt gesicherten Schonung und sachgemäßen Bearbeitung der Proben die Festigkeit des Materials voll erhalten bleiben.

Eine petragrophische Untersuchung der Gesteine ist bisher nur in beschränktem Maße und auch erst in neuerer Zeit mit der technischen Untersuchung der Bausteine verbunden worden. Es steht jedoch zu erhoffen, daß diese Vereinigung beider Arten der wissenschaftlichen Prüfung in Zukunft sich im Interesse einer erschöpfenden Lösung der ihr gestellten Fragen und einer allgemeineren Verwertung der bisher gewonnenen und zu erwartenden Versuchsergebnisse bei allen Versuchsanstalten einbürgern wird. Es erscheint dies um so mehr notwendig, als, wie schon auf Seite 8 hervorgehoben, die bisher bei der Prüfung der natürlichen Gesteine aufgeführten Bezeichnungen

vielfach als Sammelnamen (Granit, Syenit, Porphyr) erscheinen, bisher auch — wenn nicht offenbare Fehler vorlagen — auf ihre Richtigkeit seitens der Versuchsanstalten aus Mangel an geeigneten Kräften nicht geprüft werden konnten; gerade aber auf solche nicht genauen Bezeichnungen sind wohl in erster Linie die hin und wieder bis 400% und noch mehr betragenden Verschiedenheiten der Prüfungsergebnisse zurückzuführen, da sehr abweichende Steinarten unter dem gleichen Gattungsnamen vereinigt worden sind.

Auch genügt es im allgemeinen nicht, den Bruch, aus dem der Stein entnommen, anzugeben, da bekannt ist, daß selbst in demselben Bruch oft sehr verschieden zusammengesetzte oder in ihrer Struktur abweichende Steine mit sehr unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften sich vorfinden können, ganz abgesehen von den auf Seite 17 erwähnten vielgestaltigen Gesteinsübergängen. Notwendig erscheint es, die Wechselwirkungen zwischen der mineralogischen und strukturellen Zusammensetzung und der Festigkeit der natürlichen Gesteine zu erforschen, die Härte und Beständigkeit der einzelnen Mineralien, ihren Zusammenhang, ihre Lagerung im Stein, ihr gegenseitiges Mengenverhältnis zu bestimmen, Faktoren, die fraglos in der engsten Beziehung zur Festigkeit des Steines stehen, und zur Beurteilung seiner Frische, etwaiger Umwandlungsstufen, der Wetterbeständigkeit u. s. w. dienen können. Auch dürfte es alsdann möglich werden — aus der großen Menge der Einzeluntersuchungen —, für größere oder kleinere Gruppen ähnlicher Gesteine bezüglich deren hauptsächlichsten Eigenschaften einige allgemeine Gesetze abzuleiten, deren Erforschung bei dem heutigen Stande der Untersuchung noch nicht gegeben erscheint. Es ist deshalb die Forderung zu stellen, innerhalb der Versuchsanstalten oder in Verbindung mit ihnen einerseits eine genaue wissenschaftliche Bestimmung der Gesteinsproben auszuführen, andererseits deren petrographische Eigenschaften eingehend zu ermitteln und, wenn möglich, die Ergebnisse dieser Forschungen mit den Forschungen der technischen Untersuchung in Einklang und Wechselbeziehung zu bringen.

§ 11. Die Festigkeitsverhältnisse und deren Prüfung.

Die Prüfung der Gesteine auf ihre Festigkeit erscheint als die wichtigste. Neben der Erforschung allgemeiner Festigkeitsverhältnisse kommt hier vorwiegend die Prüfung des Gesteines auf Druckfestigkeit, daneben eine solche auf Zug-, Biegungs-, Knick- und Scherfestigkeit in Frage. Die letzteren Untersuchungen haben meist nur bei Steinen für Hochbaukonstruktionen Anwendung gefunden und werden gegenüber der Erforschung der Druckfestigkeit verhältnismäßig selten ausgeführt, weshalb hier auch keine nennenswerten Ergebnisse zur Verfügung stehen.

Die allgemeinen — in erster Linie von Bach, Bauschinger, Tetmajer und Föppl — an natürlichen Steinen zur Ausführung gebrachten Festigkeitsuntersuchungen haben bisher erwiesen, daß das Hookesche Elastizitätsgesetz nur in sehr beschränktem Maße und engen Grenzen für die natürlichen Steine Geltung hat, daß ferner von einer eigentlichen Proportionalitäts- oder Elastizitätsgrenze kaum gesprochen werden kann und auch die Elastizitätszahl sehr großen Schwankungen unterliegt. Bald treten, besonders bei weicherem Stein, schon bei verhältnismäßig kleinen Belastungen bleibende Längenänderungen auf, bald wieder verschwinden solche (wie z. B. Zusammendrückungen

bei Sandsteinen), auch erst nach Stunden vom Aufhören der Belastung an. Nur bei sehr hartem und dichtem Material findet annähernd eine Proportionalität innerhalb der gewöhnlichen Beanspruchungsgrenzen statt; bei weichem Gestein ist eine solche aber erst bei sehr hoher Belastung — nahe der Zerstörungsgrenze — nachweisbar, während vorher elastische Kraft und Formänderung keinerlei gesetzmäßige Beziehungen aufweisen. Auch besteht heute kein Zweifel mehr, daß das Dehnungsmaß $\alpha = \frac{\sigma}{E}$ [1]) für Druck und Zug beim Stein verschieden groß ist. Die Elastizitätszahl E selbst — nur durch wenige Untersuchungen bisher bestimmt, ist festgesetzt u. a. durch Arbeiten von Bauschinger (a) und zwar durch Druck- und Zugversuche bei:

a)
- mittelkörnigem Granit zu 270—510 t/qcm,
- feinkörnigem „ „ 120—288 „
- Dolomit 400—560 „
- Sandstein 82—378 „

durch Köpcke (b) und Wedgold (c) mit Hilfe von Biegungsversuchen

b)
- bei Granit zu 225—445 t/qcm, i. M. 340 t/qcm,
- beim Pirnaer Sandstein zu 45—90 t/qcm, i. M. zu 67 t/qcm;

c)
- bei weißem Marmor zu 170 t/qcm,
- bei „ Sandstein „ 36 t/qcm;

Die Elastizitätszahl schwankt also, wie vorerwähnt, sehr bedeutend.

Die besonderen Festigkeitsuntersuchungen zeigen, wie vorstehend bereits hervorgehoben, oft bei derselben Steinart recht erhebliche Abweichungen. Dies hat seinen Grund einerseits in der Natur des Gesteines, andererseits in der Verwendung nur allgemeiner Gesteinsbezeichnungen und der hierdurch bedingten Unterordnung sehr verschiedenartiger Materialien in ein und dieselbe Sammelgruppe. Es ist erklärlich, daß wegen der großen möglichen Abweichung der kristallinischen Gemenge gerade aus diesen zusammengesetzte Gesteine besonders verschiedenartige Ergebnisse im Gegensatze zu dichten, weniger wechselnden Steinen ergeben müssen.

Die Festigkeit eines Gesteines ist im allgemeinen abhängig von der mineralogischen Zusammensetzung, dem Bindemittel, der Gleichartigkeit der Einzelbestandteile und ihrer Lagerung, der Porsoität u. s. f., jedoch nicht abhängig vom spezifischen Gewichte; insbesondere haben die Untersuchungen von Böhme erwiesen, daß leichtere Kalk- und Sandsteine vielfach eine größere Festigkeit als schwerere Arten besitzen. — Ferner haben Versuche gezeigt, daß bei gleichartig ausgebildeten — nur zu vergleichenden — Gesteinen und bei gleicher Härte die Druckfestigkeit mit der Korngröße abnimmt, daß sie aber mit der Bohrfestigkeit steigt.

Die Festigkeitsproben werden nur auf genau arbeitenden und dauernd in bezug auf ihre Richtigkeit kontrollierten Maschinen ausgeführt. Für Druckversuche sind meist hydraulische Pressen bis zu 150 t Leistung im Gebrauch, für andere Prüfungen die Werdersche Universalmaschine, oder kleinere Vorrichtungen (z. B. die Michaelissche Zerreißmaschine) in Anwendung. Neben der sehr genauen Bearbeitung der Proben, auf welche im Einzelfalle weiter unten eingegangen wird, und der Richtigkeit der Prüfungsmaschine, beruht die Güte der Versuchsergebnisse auf der richtigen und zweckentsprechenden Lage der Probe innerhalb der Maschine, sowie auf der

[1]) σ ist Normalspannung, α die Längsdehnung für die Einheit des ursprünglichen Längenmaßstabes, E ist das Dehnungsmaß, auch Elastizitätsmaß oder -Zahl genannt.

Versuchsausführung; insbesondere ist in letzterer Beziehung auf die Form des Probekörpers (vergl. weiter unten), auf eine sehr gleichmäßige Kraftsteigerung und auf die Fernhaltung jeglicher Erschütterungen und Stöße Rücksicht zu nehmen.

Die Druckfestigkeits-Versuche werden vorwiegend an Steinwürfeln ausgeführt. Nur auf besonderen Wunsch und bei Verwendung der Gesteine im Hochbau werden auch Platten und kleine Säulen geprobt. Ihre Abmessungen werden in der Regel von Fall zu Fall bestimmt, sind aber vielfach [1]) vom weichen zum harten Material fortschreitend, bei Platten 10 . 10 . 6 bezw. 6 . 6 . 3,6 bezw. 5 . 5 . 3 bezw. 4 . 4 . 2,4 cm und bei Säulen (Knickversuch) 7 . 7 . 17,5 bezw. 6 . 6 . 15, bezw. 5 . 5 . 12,5 bezw. 4 . 4 . 10 cm.

Daß für den einfachen Druckversuch gerade die Würfelform gewählt worden ist, hat seinen berechtigten Grund in älteren und neueren Untersuchungen von Gauthey, Soufflot, Perronnet, Rondelet, Vicat, Bauschinger, Kick, Martens, Rudeloff, Gary u. a., welche gezeigt, daß die Druckfestigkeit abhängig ist von der geometrischen Form des Probekörpers, und zwar sowohl seiner Höhe als auch seinem Querschnitte.

Während schon Rondelet nachgewiesen, daß bei gleicher Höhe, aber verschieden geformten, inhaltsgleichen Querschnitten — Kreis, Quadrat, Rechteck sich die erzielten Druckfestigkeiten annähernd wie 9 : 8 : 7 verhalten, haben weitere Versuche, im besonderen von Bauschinger gezeigt, daß die Kraft, welche ein Prisma zerdrücken soll, außerordentlich schnell steigt mit der Abnahme der Höhe dieses. Für die Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Form und Größe der Probe ist für Zylinder und Prisma von Bauschinger eine durch die Gleichung:

$$k = \sqrt{\frac{\sqrt{F}}{\frac{1}{4}U}\left(\lambda + \nu\frac{\sqrt{F}}{h}\right)}$$

gegebene Beziehnung aufgestellt worden. Hierin bedeutet k die Druckfestigkeit, F den Querschnitt, U den Umfang von F, h die Höhe des Zylinders oder Prismas, sämtliche Größen in Kilogramm und Zentimeter; λ und ν stellen Konstanten, Zähigkeits- und Reibungskoeffizienten des einzelnen Gesteines vor, welche aus Versuchen zu entnehmen sind. Die Formel hat nur Gültigkeit, solange $h \leqq 5 . \sqrt{F}$ ist.

Ferner hat Bauschinger das Gesetz abgeleitet, daß geometrisch ähnliche Körper aus gleichem Material unter gleichen Versuchsumständen durch die gleichen Spannungen geometrisch ähnliche Formänderungen erleiden, also auch die gleichen Bruchgrenzen haben. Deshalb empfiehlt es sich — wie z. Z. allgemein üblich —, bei den Materialprüfungen tunlichst auf den Würfel sich zu beschränken, da die Ergebnisse alsdann ohne weiteres vergleichbar sind; denn man darf, wie besonders Versuche von Martens erwiesen haben, aus den von Würfeln verschiedenster Größe gewonnenen Werten ohne weiteres ein Mittel für die Bruchgrenze bilden.

Für die Einreichung der Probestücke sowie die Ausführung des Druckversuches sind von dem internationalen Verbande für die Materialprüfung der Technik einheitliche Bestimmungen erlassen worden. Die wichtigsten dieser, sowie die von den Prüfungsstationen meist befolgten Grundsätze seien nachfolgend zusammengestellt:

Neben der petrographischen und geologischen Bezeichnung des Gesteines sind

[1]) Angegeben sind die Normen der Charlottenburg-Berliner Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt.

Angaben zu fordern über den Bruch, die Entnahmestelle (Bank), die Zeit der Gewinnung[1]), die Lagerung, die Art der Verwendung (Bau-, Hau-, Trottoir-, Pflaster-, Schotterstein). Die Prüfung der Würfel soll mit gehobelter Druckfläche, ohne Zwischenlagen zwischen den Druckplatten liegend, erfolgen; eine der letzteren soll nach allen Seiten hin frei beweglich sein (Anschluß durch ein Kugelgelenk), um einer durch nicht genaue Parallelität der Druckflächen möglichen einseitigen Beanspruchung, so gut wie angängig, vorzubeugen.

Die Bearbeitung der Würfel erfolgt zweckmäßig, wie in § 10 besprochen, in der Anstalt selbst und zwar werden aus den in Abmessungen von 13 . 15 . 10 bezw. 16 . 15 . 10 cm und ähnlichen Maßen einzuliefernden, möglichst wenig zu behauenden, annähernd rechteckigen Probekörpern zunächst Prismen vom gewünschten Querschnitte mit Hilfe von Diamantsägen herausgeschnitten; diese werden alsdann weiter in einzelne Würfel zerlegt. Diese Arbeit erfolgt bei weichem Gestein, Sandstein z. B., auf der Gattersäge, bei härterem Material mittelst einer Diamant- oder Carborund-Kreissäge. Die an den Druckplatten der Maschinen anliegenden Seitenflächen des Würfels (meist die Lagerflächen) sind glatt zu hobeln und genau parallel abzurichten. Für weiche Gesteine sind meist Würfel von 7,7 und 6, für härtere und harte von 5 und 4 cm Seitenlänge üblich. Die Würfel werden stets ⊥, auf Wunsch auch parallel zur natürlichen Lagerfläche zerdrückt. Daß sich beim Zerdrücken der Würfel meist in vierseitige — nach dem Material verschieden geformte — Pyramiden spaltet, deren Spitzen etwa in der Mitte des Würfels liegen, dürfte bekannt sein.

Die Druckversuche werden sowohl mit vollkommen trockenen, bis + 50° C erwärmten Würfeln — 8 bis 15 Stück — als auch in wassersattem Zustande — meist 10 Proben — ausgeführt. Um den letzteren zu erreichen, läßt man den Stein so lange im Wasser liegen, als eine von 6 zu 6 Stunden vorgenommene Wägung keinerlei Gewichtsvermehrung des Probekörpers ergibt.

Inwieweit die Wasseraufnahme bei allen natürlichen Gesteinen eine Verminderung der Druckfestigkeit zur Folge hat und welche Schlüsse auf die Dauerhaftigkeit des Gesteines hieraus erlaubt sind, wird weiter unten besprochen werden[2]).

Zugleich mit der Druckfestigkeitsprobe ist auch die Farbe des Gesteines, die Beschaffenheit des Gefüges, das Aussehen der Bruchfläche, im besonderen die Spaltbarkeit des Gesteines zu beurteilen. —

---

[1]) Bei sehr feuchtem Bruche hat die Entnahme in trockener Jahreszeit zu erfolgen.

[2]) In Frankreich ist vorgeschlagen bei Prüfung der natürlichen Bausteine die folgenden Anforderungen zu stellen: Im schriftlichen Prüfungsantrag ist die Handelsbezeichnung des Steines, sowie der Steinbruch anzugeben; über letzteren soll ein Schnitt Auskunft geben, aus dem die Reihenfolge und Stärke der Bänke sowie die Entnahmestelle der Probe hervorgeht. (Ob derartige Angaben, meist von den Steinbruchbesitzern erstattet, zuverlässig sind und einer Nachprüfung des Geologen entbehren können, mag — mit Gary — stark bezweifelt werden; gegebenen Falles wäre es alsdann allerdings zweckmäßiger, die Aufnahmen von vornherein von seiten der Versuchsanstalt ausführen zu lassen.) Als Versuchsstücke sollen Probe-Prismen von mindestens 3 cm Seitenlänge und wenn möglich der Höhe der Bank eingesandt werden. Bei sehr hoher Bank sind die Proben in verschiedenen Höhenlagen zu entnehmen. Die Form und Herrichtung der Proben selbst ist im allgemeinen die gleiche wie in Deutschland; nur ist vorgesehen, die Würfel bei der Probe mit einem Kartenblatt zu bedecken (? !). Die Würfel sind sowohl im trockenen, als auch im nassen Zustande und hier zwar in verschiedenem Grade der Durchtränkung zu proben, sowohl nach 24stündigem Untertauchen als auch in vollkommener Sättigung; letztere ist als erfolgt anzunehmen, wenn zwei in 24 Stunden Pause erfolgte Wägungen ein gleiches Resultat liefern. (Besser als die erste Prüfung, welche den Zustand der praktischen Verwendung nachahmen soll, dürfte es, nach Gary, sein, wenn der Stein längere Zeit auf feuchten Sand gestellt würde, so daß er durch die Kapillarkraft so viel Wasser, als er vermag, ansaugen kann; dies würde sowohl der Bruchfeuchtigkeit als auch der Durchnässung im Bau annähernd entsprechen; nach 24 Stunden — wie vorgeschlagen —, werden die verschiedenen Steine relativ noch sehr verschiedene Wassermengen aufgenommen haben, was zu keinem praktisch verwertbaren Resultate führen kann.

Die Größen der Druckfestigkeit der wichtigeren Bausteine sind aus den früheren Einzelangaben bei Besprechung der baulich wichtigen Gesteine zu entnehmen; zudem enthält die Tabelle auf Seite 84 einige für die Praxis zweckmäßige Mittelwerte. — Daselbst sind auch die als erlaubt zu erachtenden zulässigen Druckbeanspruchungen angegeben.

Die Zugfestigkeit der natürlichen Gesteine ist gegenüber ihrer Druckfestigkeit sehr gering, auch vielfach danach sehr verschieden, ob der Stein parallel oder senkrecht zu seinem natürlichen Lager zerrissen wird; die erstere Probe ist die häufigere. Das Verhältnis zwischen der Zugfestigkeit und Druckfestigkeit der verschiedenen Steine schwankt nach den angestellten Versuchen zwischen 1 : 8 und 1 : 57 und zwar ist das Verhältnis um so kleiner, je spröder das Gestein ist; es verringert sich bei zunehmender Durchfeuchtung des Steines und kann sogar bei erweichendem Bindemittel den Wert = 0 erlangen. Schon hieraus folgt, abgesehen von der geringen Zugfestigkeit, die Regel, natürliche Gesteine möglichst nicht auf Zug zu beanspruchen. Als Mittelwert der Zugfestigkeit gegenüber der Druckfestigkeit kann $\frac{1}{26}$ (nach Bauschinger) bis $\frac{1}{30}$ eingeführt werden.

Nach Hartigschen Versuchen ist die Größe der Zugfestigkeit — ähnlich wie bei der Druckprobe — abhängig sowohl vom Querschnitte, als auch von der Form des Zerreißkörpers; also auch hier ist eine Festsetzung, wenn die Ergebnisse vergleichbar sein sollen, über die Form und den Querschnitt notwendig. Entweder werden prismatische Stäbe rechteckigen Querschnittes oder solche in Achterform nach Art der Zementprobekörper mit rechteckiger, 5 qcm großer Querschnittsfläche zerrissen; in letzterem Falle findet gern der Michaelissche Zugapparat, sonst die Werdersche Universalmaschine oder eine ähnliche Konstruktion Verwendung. Inwieweit eine Sättigung mit Wasser die Zugfestigkeit zu verringern vermag, möge aus den nachfolgenden Versuchsergebnissen, nach Hauenschild, hervorgehen:

Es betrug die Zugfestigkeit von:

Gestein	trocken	gesättigt
Postelwitzer Sandstein	6 kg/qcm	3,5 kg/qcm
Velpker „	21,7 „	11,0 „
Cottaer „	22,8 „	8,1 „
Miltenberger „	17,2 „	10,3 „
Savonnière Kalkstein	8,3 „	4,0 „

Einige Mittelwerte der Zugfestigkeit bei den gebräuchlichsten Steinmaterialien sowie die in der baulichen Praxis gestatteten Druckbeanspruchungen sind aus der Tabelle auf Seite 84 zu entnehmen.

Die Biegungsfestigkeit kommt bei natürlichen Steinen in manchen Deckenkonstruktionen, bei Plattendurchlässen, Treppenstufen, Podesten, Fensterstürzen, weit herausragenden Konsolsteinen u. a. m. in Frage. Bestimmt wird dieselbe durch Versuche, indem prismatische Stäbe[1]), vielfach von 36 . 5 . 5 cm, oder Platten auf 2 Stützen frei aufliegend

[1]) In Frankreich sind Stäbe von quadratischem Querschnitte von 2 cm Seitenlänge und 12 cm Länge vorgeschrieben. Dieselben sind auf zwei, 10 cm voneinander entfernten Schneiden aufzulagern und in der Mitte bis zum Bruche zu belasten.

in der Mitte bis zum Bruche belastet werden. Bei den in der baulichen Praxis üblichen Beanspruchungen kann die Berechnung der Spannung hierbei nach den üblichen Methoden der Festigkeitslehre erfolgen. Über die Größe der Biegungsfestigkeit und der aus dieser abgeleiteten zulässigen Biegungsbeanspruchung der meist verwandten natürlichen Gesteine gibt die nachfolgende Tabelle Aufschluß. Im allgemeinen beträgt die Biegungsfestigkeit der natürlichen Gesteine im Mittel $^1/_9$—$^1/_6$ (nach Bauschinger) von deren Druckfestigkeit.

Die Tabelle enthält zugleich auch einige Angaben über die Scherfestigkeit der Gesteine. Ihr Verhältnis, bezogen auf die Druckfestigkeit schwankt im Mittel zwischen $^1/_{16}$—$^1/_{14}$ (nach Krüger und Bauschinger).

Tabelle der Festigkeitszahlen der meist verwendeten natürlichen Bausteine in bezug auf Druck, Zug, Biegung und Abscherung sowie der aus diesen Werten abgeleiteten, zulässigen Beanspruchungen des Materials.

(Die Tabelle enthält nur Mittelwerte.)

	Gesteinsart	Mittlere Festigkeit in kg/qcm: Druck-	Zug-	Biegungs-	Scher-	Zulässige Beanspruchung in kg/qcm auf: Druck	Zug	Biegung	Abscherung	Bemerkungen
1.	Basalt	2400	—	200	—	120* [1]	4	12	8	[1] (75)
2.	Diabas	2000	50	—	—	100	3	11	6	
3.	Diorit	1900	50	—	94	95	3	10	5	
4.	Dolomit	870	20	120	76	45	1	6	4	
5.	Granit	2000	30	140	80	100 [2]	2	7	4	[2] (45)
6.	Kalkstein a) Marmor	650	50	—	62	30 [3]	2	3	3	[3] (24)
7.	Kalkstein b) Dichter Kalkstein	800	—	70	80	40	1	4	4	
8.	Kalkstein c) Muschelkalk	700	27	—	60	35 [4]	2	4	3	[4] (25) (Rudersd. Kalkstein).
9.	Sandstein a) Buntsandstein	630	22	70	30	30 [5]	1	3	2	[5] im Mittel (20)
10.	Sandstein b) Grauwackensandstein	1800	14	--	102	90 [5]	—	—	5	
11.	Sandstein c) Keuper Sandstein	650	4	—	40	30 [5]	—	—	2	
12.	Sandstein d) Quader Sandstein	520	20	—	—	25 [5]	1	3	2	
13.	Syenit	1300	—	—	165	65	2	7	8	
14.	Trachyt	1200	—	118	28	60	2	7	1	

Zu der Tabelle selbst sei bemerkt, daß die zulässigen Beanspruchungen unter Annahme einer als ausreichend erscheinenden etwa **20fachen Sicherheit** ermittelt sind; woselbst keinerlei Beobachtungszahlen vorlagen, sind für die Berechnung der Beanspruchung die vorstehend erwähnten mittleren Verhältniswerte der Zug-, Biegungs- und Scherfestigkeit zur Druckfestigkeit maßgebend gewesen. —

Aus den der Tabelle zugefügten Bemerkungen geht hervor, daß bei einwandsfreien natürlichen Bausteinen vielfach eine größere Belastung gestattet sein könnte, als sie behördlicherseits erlaubt ist. —

*) Die in Klammern unter der Rubrik Bemerkungen angeführten Zahlen beziehen sich auf die Vorschriften des Berliner Polizeipräsidiums. Die Zahlen beziehen sich auf die Stelle in der Tabelle.

§ 12. Die Prüfung auf Wasseraufnahme, Porosität, Frost- und Wetterbeständigkeit sowie Dauerhaftigkeit.

Die Wasseraufnahmefähigkeit der Steine wird ebenfalls an Würfeln gleich denen beim Druckversuche und i. d. R. durch 10 Proben bestimmt. Nachdem zunächst diese bei 50° C bis zu gleichbleibendem Gewichte getrocknet sind, werden sie in Wasser von etwa + 15 bis 20° C gelegt[1]) und hierin so lange belassen, bis durch Wägung sich keine Gewichtsvergrößerung mehr ergibt, sie also als vollkommen durchtränkt angesehen werden können. Durch Bestimmung der Gewichtszunahme — ausgedrückt meist in Prozenten des Trockengewichtes — wird ein Maß der Wasseraufnahmefähigkeit des Gesteines gefunden, durch den Druckversuch am oberflächlich schnell abgetrockneten Würfel die Verminderung der Druckfestigkeit festgestellt. Über die Größe der hier in Betracht kommenden Verhältnisse gibt die nachfolgende, aus Versuchen der mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg abgeleitete Tabelle bezüglich der wichtigsten natürlichen Gesteine Aufschluß:

Nr.	Gesteinsart	Durchschnittliche Druckfestigkeit luft-trocken kg/qcm	Durchschnittliche Druckfestigkeit wasser-satt kg/qcm	Wasser-aufnahme in %	Festigkeitsverlust absolut kg/qcm	Festigkeitsverlust in % gegenüber dem luft-trocknen Zustande
1	Sandstein	761	693	5,93	68	8,9
2	Kalkstein	1000	803	2,44	197	19,7
3	Granit	1834	1774	0,62	60	3,3
4	Grauwacke	1857	1795	0,73	62	3,3
5	Porphyr	2120	2036	0,76	84	4,0
6	Basalt	3111	2911	0,41	200	6,4
7	Hornblendegesteine und Ophiolithe	2757	2640	0,5	117	4,5

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Herabminderung der Druckfestigkeit durch Wasseraufnahme in keinem Verhältnisse steht zu der Wasseraufnahme selbst. Bemerkenswert ist ferner das übereinstimmende Verhalten von Granit und Grauwacke sowie die Erscheinung, daß die spröderen Gesteine eine mit der Größe ihrer Festigkeit fortschreitende Festigkeitsverminderung zeigen. Der nicht unerhebliche Rückgang der Druckfestigkeit beim Sandstein, vorwiegend aber beim Kalkstein, dürfte seine Erklärung darin finden, daß ein Teil des Bindemittels bezw. der Mineralsubstanz durch das Wasser nicht nur mechanischen, sondern auch chemischen Veränderungen unterworfen wird, welche den Zusammenhang der kleinsten Stoffteilchen lockern. —

Nach anderen Untersuchungen mit Wegebaumaterialien der Provinz Hannover hat sich ergeben, daß Basalt 2%, Grauwacke 4%, Quarzite 2%, kristallinische Kalke 6%, Granite 8%, beste, harte Sandsteine 3%, Grünsteine bis 10%, klastische Gesteine mit erdigem oder kalkigem Bindemittel bis 50 und 60% von ihrer Trockendruckfestigkeit im Wasser einbüßen.

[1]) Zweckmäßig wird hierbei der Würfel zunächst nur zum Teil in das Wasser getaucht, damit dieses in den Poren durch Kapillarkraft aufsteigend, die Luft aus letzteren allmählich sicher verdrängt.

Im allgemeinen wird man für die Verhältnisse in Deutschland aussprechen können, daß bei wirklich frostbeständigen Steinen die Festigkeitsverminderung im Wasser nur wenige Prozente beträgt. Deshalb sind die Wasseraufnahmeversuche auch für Bestimmung der Dauerhaftigkeit des Gesteines von geringerer Wichtigkeit, abgesehen davon, daß sie in der Ermittelung der Porenmenge einen Maßstab für die in gesundheitlicher Beziehung so wichtige natürliche Lüftung durch das Gestein hindurch bieten.

Von Tetmajer ist das Verhältnis $\eta = \frac{\text{Trockenfestigkeit}}{\text{Naßfestigkeit}}$ mit dem Namen Beständigkeitsziffer bezeichnet worden; für diese werden 3 Gruppen: $\eta = 1{,}3$ bezw. $= 1{,}6$ bezw. $= 2{,}0$ unterschieden und hiernach die Verwendung der Baumaterialien im Freien bestimmt. Jedenfalls empfiehlt es sich, Gesteine der dritten Gruppe $\eta = 2{,}0$, bei der also die Druckfestigkeit des Gesteines im Wasser zur Hälfte abnimmt, von der Verwendung im Freien auszuschließen.

Neben dem auf Seite 85 mitgeteilten, für technische Zwecke als ausreichend anzusehenden und schnell zum Ziele führenden Ermittelungsverfahren kann auch das folgende — genauere — Anwendung finden. Nach Trocknung der Steine bei 100° C und Bestimmung ihres Trockengewichtes werden sie in Wasser gelegt und dieses unter 3 Atmosphären Druck in den Stein eingepreßt. Bereits nach einer Stunde zeigt der Stein keine Gewichtszunahme mehr.

In der Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit ist zugleich ein ungefährer Maßstab für die **Porosität** des Gesteines gegeben. Auf eine genauere Bestimmung der Porenmenge, als sie die Wassersättigungsprobe zu liefern imstande ist, wird weiter unten eingegangen.

Die Größe der Porosität der wichtigeren Gesteine selbst ist der auf Seite 13 bereits gegebenen Zusammenstellung — nach Hauenschild und Lang — zu entnehmen.

Mit der Wasseraufnahmefähigkeit in enger Verbindung steht die auf Seite 13 bereits behandelte Bruchfeuchtigkeit der Gesteine. Wie man diesen Zustand auch künstlich nachzuahmen in der Lage ist, geht aus dem auf Seite 82 in der Anmerkung mitgeteilten Garyschen Vorschlage hervor.

Schon aus dem Grunde, daß bruchfeuchte — besonders weichere — Gesteine weniger tragfähig sind als in trockenem Zustande, ist es notwendig, die natürlichen Bausteine vor ihrer Verwendung vollkommen zu trocknen, am besten durch Unterbringung — während mehrerer Monate — in geschützten luftigen Räumen und durch öfteres Umkanten der Steine. Bruchfeuchte Steine in den Bau zu bringen ist — abgesehen von der hierdurch bedingten Verschlechterung der gesundheitlichen Verhältnisse — wegen der, durch die Erfahrung bestätigten, sehr herabgeminderten Dauerhaftigkeit vieler Steine (unter dem steten Einflusse der Wasserwanderung in den Poren) zu verbieten. Da infolge Verdunstung auf der nach außen liegenden Fläche einerseits, andererseits durch die eigene Schwere das Wasser sich im Steine stets nach innen und unten ziehen wird, ist die weitere Folge, neben der Durchfeuchtung der Räume, eine Verringerung der Festigkeit gerade nahe der inneren Kante der Tragfläche, d. i. der i. d. R. am meisten beanspruchten Fugenstelle.

Abhängig u. a. von dem Porengehalte eines Steines ist sein Raumgewicht (spez. Gewicht) — vielfach mit γ bezeichnet. Dasselbe, an beliebigen — auch unregelmäßigen — Steinstücken mit Hilfe der Wägungsmethode bestimmt, gibt im Verhältnis zu dem an lückenlosem, gepulverten Material bestimmten absoluten spez. Gewicht — s —

einen Maßstab für die Dichtigkeit des Gesteines: $\delta = \frac{\gamma}{s}$, während für den Wert der Undichtigkeit, also der Porosität des Gesteines — u — die Beziehung: $u = \delta - 1 = \frac{\gamma}{s} - 1 = \frac{\gamma - s}{s}$ einen geeigneten Anhalt gewähren kann. Gerade der letztere Koeffizient ist für die Verwendung des Gesteines häufig von Interesse, weil er nicht immer mit der Wasseraufnahmefähigkeit — der sogen. scheinbaren Undichtigkeit — parallel läuft; denn je nach der Verteilung und Anordnung der Hohlräume im Steinkörper kann das Gestein einen geringeren Dichtungsgrad besitzen, ohne gleichzeitig eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit zu zeigen. Es sollte daher zweckmäßig die Prüfung auf letztere Eigenschaft hin durch die Bestimmung der Undichtigkeit $u = \frac{\gamma - s}{s}$ ergänzt werden.

Die **Dauerhaftigkeit der Gesteine** — vorwiegend ihre Wetterbeständigkeit — hängt neben der petrographischen Zusammensetzung des Gesteines, sowie dessen physikalischen und chemischen Eigenschaften (vergl. S. 15 und 16), vorwiegend von dem Orte der Gewinnung und der Art und der Stelle der Verwendung ab. Bei dem Fundorte können nahe Lage an der Oberfläche und ein hierdurch bereits eingeleiteter Verwitterungsprozeß, steil geneigte oder gefaltete Schichten, Spaltungen, Verwerfungen, Rutschflächen, Adern u. s. w. die Beständigkeit der Steine beeinflussen, indem das dort gewonnene Material nicht so gut und gleichmäßig ausfällt als frisches, mitten aus dem Inneren der Gebirge entnommenes Gestein.

Für die Verwendungsstelle kommen u. a. in Frage: ein dauernder Wechsel zwischen Trockenheit und Feuchtigkeit (z. B. im Wasser- und Brückenbau), die Benutzung beim Bau von Feuerungsanlagen, die Verwendung in Industriestädten, klimatische Einflüsse, langandauernde Sonnenbestrahlung, größere Temperaturunterschiede in schnellem Wechsel u. s. w. Bezüglich der Verwendungsart sei in erster Linie auf die Regel hingewiesen, stets die Steine auf ihr natürliches Bruchlager zu versetzen, da sie sonst durch atmosphärische Einflüsse viel leichter zerstört, bei Schichtung durch die Belastung auch gespalten werden können. Eine Ausnahme bilden nur die unbelasteten Verkleidungsplatten, welche jedoch an den Kanten allseitig gegen das Eindringen von Feuchtigkeit zu schützen sind.

Die Prüfung auf die Dauerhaftigkeit der Gesteine soll sich erstrecken:

α) Auf die Frostbeständigkeit; β) auf das Vorhandensein schädlicher Beimengungen.

α) Die Untersuchung auf Frostbeständigkeit. Das Prinzip dieser beruht darauf, die Gesteinsproben — Würfel wie beim Druckversuche — in wassersattem Zustande einer Anzahl von Frostproben — i. d. R. 25 — auszusetzen und nach diesen einerseits die Druckfestigkeit, andererseits den Gewichtsverlust durch eine etwaige Abblätterung bezw. Rißbildung festzulegen[1]).

Nach völliger Tränkung in Wasser von + 15 bis 20° C werden die Würfel abwechselnd mindestens je 4 Stunden — zweckmäßig mit Hilfe der Lindeschen Kältemaschine[2]) — einer Kälte von — 12 bis 15° C ausgesetzt, hierauf innerhalb von 3 Stunden

[1]) Die früher übliche Methode den Stein mit Glaubersalzlösung zu tränken und ihn dann zum Frieren zu bringen, hat sich als gänzlich ungeeignet deshalb erwiesen, weil Glaubersalz beim Gefrieren sich zusammenzieht, also kleinerlei Sprengwirkung ausübt.

[2]) Früher wurden die Frostversuche in Blechkästen und unter Verwendung einer Kältemischung von Salz und zerstoßenem Eis vorgenommen. Hierbei war es jedoch kaum möglich die Temperatur annähernd konstant zu erhalten.

in Zimmerwärme und destilliertem Wasser wieder aufgetaut. Nachdem dieser Prozeß 25 mal wiederholt, werden die Würfel, ohne sie zu trocknen, zerdrückt; die hierbei ermittelte Druckfestigkeit wird mit derjenigen im wassersatten, nicht gefrorenen Zustande verglichen und aus der Differenz beider ein Schluß auf die Angreifbarkeit des Steines durch den Frost gezogen. Im allgemeinen ist die Abnahme der Festigkeit bei frostbeständigem Material eine sehr geringe, desgleichen die Menge der Abblätterungen und die Rißbildung.

Eine praktische Erprobung der Frostsicherheit besteht darin, die Steine, allen Witterungseinflüssen zugänglich, ein Jahr im Freien lagern zu lassen und sie dann auf Abblätterungen, Risse, Sprünge und dergl. zu untersuchen, zweckmäßig unter Zuhilfenahme einer Lupe. — Auch hat den gleichen Erfolg eine äußerliche Untersuchung der Steine an bereits länger bestehenden Bauten, wenn man nicht — was besser ist — Steine aus diesen zu einer vergleichenden Prüfung unmittelbar entnehmen will. Entweder vergleicht man alsdann die Prüfungsergebnisse dieser mit frisch gebrochenen Steinen aus demselben Bruche — was jedoch nicht immer zuverlässig — oder man entnimmt dem alten Bauwerke so große Steine, daß man die Eigenschaften von Außenseite und Kern in Vergleich zu ziehen vermag.

Im besonderen sind frostbeständig poröse und weiche Gesteine mit ziemlich gleichmäßig im Steininneren verteilten Poren und großer Zugfestigkeit, während als wenig frostsicher spröde Steine mit feinen Poren, besonders wenn letztere eine gleiche Hauptrichtung besitzen, gelten.

β) Die Untersuchung auf schädliche Bestandteile erstreckt sich zunächst auf das Vorhandensein löslicher Salze im Steine, alsdann auf die Bestimmung von kohlensaurem Kalk, Schwefelkies und Marienglas. Die Mengen der löslichen Salze werden durch Auslaugen aus einer Durchschnittsprobe von 25 g Gewicht in 250 cbcm Wasser ermittelt[1]). Nachdem die Probe eine Stunde lang gekocht, wird sie filtriert, der Rückstand schwach geglüht und gewogen. Der Verlust wird in Prozenten des Steingewichtes ausgedrückt. Die Untersuchung auf kohlensauren Kalk, Schwefelkies und Marienglas wird im geschlossenen Dampftopfe ausgeführt; in diesem wird der Stein 3 Stunden lang unter einem Überdrucke von etwa $^1/_4$ Atm. gekocht und alsdann auf Sprünge, Abblätterungen und dergl. untersucht. —

Im allgemeinen kann man sagen, daß in den gemäßigten Klimaten alle frostbeständigen Bausteine auch wetterbeständig sind. Besonders gut halten sich alle dichtgefügten, harten, schweren, druckfesten, kieselsäurereichen, glimmerarmen und von Schwefelkies, Mangan und Eisenoxydul freien Gesteine. Mäßig beständig sind Materialien mit Kalkfeldspat, Labrador, jüngere weichere Kalksteine, Gesteine mit kalkigem, tonigem, mergeligem Bindemittel, glimmerreiche, eisenoxydhaltige, wenig Schwefelkies zeigende Steine.

Geringe Wetterbeständigkeit weisen auf Materialien mit kiesel- und kohlensaurem Eisenoxydul, mit Schwefelkies, Mangan und Eisenoxydul, Steine von stark schiefriger, faseriger, blätteriger Struktur, durchsetzt von eisenschüssigen Adern u. s. w.

Bezüglich der Gründe der Verwitterung sei auf die Ausführungen auf den Seiten 15 und 16 verwiesen.

Von erheblichem Einflusse für die Dauerhaftigkeit ist auch die **Frische des Gesteines.** Für die Beurteilung derselben schlägt A. Rosiwal (in den Abh. d. k. k.

---

[1]) Die Probe wird durch Siebung mit Hilfe von Sieben von 900 und 4900 Maschen auf je 1 qcm hergestellt.

geol. Reichsanstalt, 1896, Seite 475) vor, die theoretische Härte des Gesteines, welche dem vollkommen frischen eigen sein müßte, in Vergleich zu der gefundenen Durchschnittshärte des Gesteines zu setzen. Die theoretische Härte des Gesteines setzt sich — nach der obigen Quelle — zusammen aus der Summe von Produkten, gebildet aus den relativen Mengen der einzelnen gesteinsbildenden Mineralien und deren speziellen Härtezahlen. Besteht der Stein von der Einheit = 1 aus n Bestandteilen, deren Einzelmengen $p_1\ p_2\ p_3\ p_4 \ldots p_n$ sind, und sind die diesen Bestandteilen entsprechenden Härten $h_1\ h_2\ h_3\ h_4 \ldots h_n$, so ist:

1. $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 \ldots + p_n = 1$,
2. $H = p_1 h_1 + p_2 h_2 + p_3 h_3 + p_4 h_4 + \ldots p_n h_n = \Sigma p \,.\, h =$ der theoretischen Härte.

Ist die tatsächliche Gesteinshärte zu h gefunden, so kann als Maß für die Frische (F) des Gesteines gelten: $F = \frac{h}{H}$; während der Grad der Verwitterung (V) durch die Beziehung: $V = \frac{H-h}{H}$ dargestellt wird. Naturgemäß ist: $F + V = 1$. Die Größe F und V drückt man für technische Zwecke in Prozenten aus. Die Härten werden zweckmäßig auf eine Normalhärte, z. B. die des Korund, bezogen und für dessen Härte der Wert 1000 eingeführt. Zwei Beispiele mögen die Durchführung der Ermittelung zeigen.

1. Syenit aus dem Plauenschen Grunde bei Dresden.

Mineralbestandteile	Anteile im ganzen Gesteinsvolumen p_n	Durchschnittlicher Wert von h_n bezogen auf Korund = 1000	$p_n \,.\, h_n$
Quarz	0,060	117,0	7,0
Orthoklas u. Microlin	0,325	39,6	12,9
Oligoklas	0,360	35,5	12,8
Hornblende	0,198	26,6	5,3
Augit	0,008	66,0	0,5
Apatit	0,011	6,4	0,1
Titanit	0,021	50,8	1,0
Magnesit	0,017	36,4	0,6
	$\Sigma = 1$		$H = \Sigma p \,.\, h = 40{,}2‰$

Aus einer Anzahl von Proben ist am Gesteine die mittlere Härte — wiederum bezogen auf Korund — abgeleitet worden: $h = 38{,}7‰$. Mithin wird:

$$F = \frac{h}{H} = \frac{38{,}7}{40{,}2} = 0{,}96 = 96\,\%.$$

$$V = \frac{H-h}{H} = \frac{40{,}2 - 38{,}7}{40{,}2} = 0{,}04 = 4\,\%.$$

Das untersuchte Gestein war also fast vollkommen frisch.

2. Reiner kristallinischer Kalk. Bestandteil: Kalkspat = 100 % = 1,0. Die theoretische Härte desselben ist: $h_1 = 4{,}5‰$ in bezug auf Korund (= 1000); am Steine gemessen war $h = 3{,}8‰$. Mithin ergibt sich:

$$F = \frac{3{,}8}{1{,}0 \,.\, 4{,}5} = 84{,}4\,\% \qquad V = 15{,}6\,\%.$$

Bei stark porösem Gesteine werden die Ermittelungen weniger zuverlässig und sicher. Hier hat man nach Versuchen mit einwandfreiem, fraglos frischem Material

festzustellen, wieviel Prozent der theoretischen Härte mit Rücksicht auf die Porenmengen bei Berechnung von H für die einzelnen Bestandteile anzunehmen sind.

Die künstliche Erhaltung der Gesteine bezweckt — ähnlich wie Schleifen und Polieren — die Gesteinsoberfläche durch Imprägnierung möglichst porenlos und wetterbeständig zu machen. Die meisten der Mittel, welche diesem Zwecke zu dienen bestimmt sind, Öl, Terpentin und dergl., Wasserglas, Lösungen verschiedenster Salze u. s. w., haben einen meist nur geringen Erfolg zu verzeichnen gehabt. Im besonderen hat sich das vielfach zur Verwendung gebrachte Wasserglas nicht bewährt, weil es einerseits bei manchen Gesteinen zur Bildung hygroskopischer Salze führt, somit Ausblühungen und Durchfeuchtung veranlaßt, andererseits bei mehrfachem Überstrich abblättert und alsdann der Zerstörung durch Frost in erheblichem Maße ausgesetzt ist. Mit gutem Erfolge ist zur Erhaltung von Sandstein Testalin[1]) ein Produkt aus zwei hellen, nacheinander aufzutragenden Lösungen verwandt worden, welche durch chemische Umsetzung eine unlösliche Verbindung in und mit dem Material — nicht nur auf dessen Oberfläche — eingehen. Die Lösungen bestehen einerseits in einer alkalischen Lösung von Ölseife, andererseits in einer Lösung von essigsaurer Tonerde. Beim Gebrauche des Mittels scheidet sich durch Wechselwirkung der Bestandteile „feste ölsaure Tonerde" aus, welche sich in den Poren des Steines absetzt, eine größere Dichtigkeit und Härte der Oberfläche bedingt, ohne jedoch die Poren vollkommen zu verschließen, dabei wasserabweisend wirkt und das Eindringen von Staub, Ruß und Pflanzenwesen verhindert, hierbei jedoch weder Struktur noch Färbung des Gesteines nachteilig beeinflußt. Versuche, welche beim Bau des Hamburger Rathauses mit Testalin und Sandstein ausgeführt wurden, haben gezeigt, daß die Imprägnierung wasserdicht, vollkommen frostsicher, nicht abwaschbar noch abbürstbar ist, sich auch in absolutem Alkohol nicht löst und daß die Härte des Gesteines vergrößert wird. Als nicht minder bewährt sind die gegenüber dem vorgenannten Mittel allerdings teureren Keßlerschen (von L. Keßler in Clermont) Fluo-Silikate zu nennen — im besonderen bei Anwendung auf weiche Kalk- und Sandsteine, Gips, Tuffstein und dergl. Sie bestehen aus wasserhellen Lösungen von Metallfluoriden in Kieselsäure, also aus kieselflußsauren Salzen und zwar für gewöhnlich solchen von Magnesium, Aluminium, Zink und Blei. Nach Hauenschild besteht die Wirkung der Fluate darin, daß sie in den Stein eindringen, hierbei selbst zu einer vollkommen dichten, beständigen Masse erhärten und alle löslichen Bestandteile des Steines in unlösliche Fluß- und Kieselsäure-Verbindungen überführen. Dies erhellt daraus, daß die Abnutzungshärte verschiedener, gut fluatierter Steine bei allen Proben sich als nahezu gleich herausgestellt hat. Zugleich haben die Fluate, wie Testalin, die Eigenschaft, auf Flechten und dergl. giftig einzuwirken, deren Ansetzen an der Steinoberfläche also zu verhindern. Eine Änderung der Farbe oder Struktur des Gesteines ist mit ihnen nicht verbunden, wohl aber gibt es besondere Farbfluate, welche, wie bereits auf Seite 77 hervorgehoben, im besonderen bei der Marmorimitation durch weiche Kalksteine Verwendung finden. Erwähnenswert erscheint auch das Keßlersche Putzfluat, verwendet bei Wiederherstellung von Haustein-Fassaden; seiner Aufbringung auf die Steinfläche hat deren Reinigung mittelst scharfer Bürsten, zweckmäßig unter Verwendung einer starken Kochsalz- oder verdünnten Salzsäure- (1 : 4 bis 1 : 10) Lösung, vorauszugehen. —

[1]) Der Firma Hartmann u. Hauers-Hannover patentiert. Der Preis beträgt 20 Pfg. für je 1 qm, und ist billiger als der der Keßlerschen Fluate.

§ 13. Die Prüfung auf Abnutzbarkeit, die Bestimmung der Härte und Zähigkeit.

Die Abnutzbarkeit der Gesteine wird mit Hilfe der Bauschingerschen Abschleifmaschinen geprüft, einer großen, wagerechten, meist gußeisernen Scheibe, welche um eine senkrechte Achse sich dreht und etwa 20 Turen in der Minute macht. Gegen die Oberfläche dieser Scheibe werden die in bestimmter Entfernung vom Scheibenmittelpunkte aufgebrachten, vollkommen trockenen Steinproben — wiederum Würfel von gewöhnlich 7 cm Seite — durch Hebeldruck mit etwa 20—30 kg Belastung fest angedrückt und unter Hinzufügung von bei allen Versuchen gleichen Mengen Schleifschmirgels (genau bestimmter Art) abgeschliffen. Nach jeder Minute wird das abgeschliffene Steinpulver nebst dem Schmirgel von der Scheibe entfernt und letzterer erneuert[1]). Die Versuchsdauer beträgt 5—10 Minuten, umfaßt also etwa 100—200 Umdrehungen der Abschleifscheibe. Aus mehreren Versuchen — etwa vier — wird das Mittel des Abschleifverlustes — meist in Kubikzentimetern ausgedrückt — bestimmt. Nach Versuchen der Charlottenburger Prüfungsanstalt haben sich aus größeren Versuchsreihen die folgenden Mittel der Abnutzung ergeben, welche unter sich einen Schluß auf die verschiedenartige Bearbeitungsmöglichkeit gestatten:

1.	Basalte	7,3 cbcm
2.	Granite	8,3 „
3.	Grauwacken	10,8 „
4.	Kalksteine	36,0 „
5.	Porphyre	6,8 „
6.	Sandsteine	61,7 „

Aus den Zahlen, welche bei guter Versuchsausführung für die einzelne Gesteinsart sehr übereinstimmende Ergebnisse darstellen, ist ersichtlich, daß die Abnutzbarkeit eines Gesteines in keinem Verhältnisse steht weder zu seiner Festigkeit noch zu seiner Porenmenge. --

Die Bestimmung der Härte kann in einfachster Weise durch das Ritzverfahren, auf Grund der auf Seite 2 mitgeteilten Mohsschen Härteskala, erfolgen, oder durch Abschleifen unter Zugrundelegung eines Normalsteines mit bekanntem Abschleifverlust, endlich durch Fallbohrmaschinen, z. B. die Siebeneichersche, ausgeführt werden. Bei letzterer findet ein flacher Kreuzbohrer von stets gleichem Material und gleicher Beschaffenheit Verwendung, welcher aus gleicher Fallhöhe, gleich schnell und gleich stark belastet, auf den Stein herabfällt. In diesen ist ein Loch von bestimmter Tiefe zu bohren. Aus der Anzahl der hierzu notwendigen Fallbewegungen wird auf die Härte des Gesteines gegenüber bekannten Ergebnissen geschlossen[2]).

Zur Prüfung der Zähigkeit des Gesteines, einer Eigenschaft, welche vorwiegend bei Straßen- und Bahnbaumaterialien in Frage kommt, ist nach Vorschlag von Dietrich die Verwendung von Drehtrommeln[3]) zu empfehlen. Diese, zylindrisch ge-

---

[1]) Es geschieht dies, um die Abschleifresultate von der Menge des abgeschliffenen Materials unabhängig zu erhalten.

[2]) Nach den internationalen Abmachungen sollen die Versuche zur Ermittelung der Bohrfestigkeit entweder an Fallerwerken (empfohlen System Hausse, Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1882, Nr. 33 und 34) oder durch Drehbohrmaschinen bestimmt werden. Die erforderliche Arbeit soll in m.kg für 1 cbcm erbohrten Raumes ausgedrückt werden. Bisher sind jedoch diese Bestimmungsmethoden noch nicht eingeführt.

[3]) In Frankreich sind derartige Trommeln seit längerer Zeit im Gebrauche.

formt, etwa 0,3 m im Durchmesser zeigend und 0,5 m hoch, sollen sich in geneigten Ebenen[1]) drehen und durch Schlagwirkung und Abschleifen des eingefüllten Versuchsmaterials dessen tatsächliche Beanspruchung im Straßen- und Bettungskörper nachahmen. Aus der Größenverminderung der einzelnen, vorher gesiebten, höchstens bis 6 cm großen Steinbrocken und der Menge des Abschleifmateriales können Schlüsse auf die Zähigkeit des Gesteines gezogen werden. —

Die Arbeitshärte eines Gesteines, d. i. dessen Widerstand gegen seine Bearbeitung, prüft man, soweit nicht die vorerwähnten Proben bereits ausreichenden Aufschluß geben, am zweckmäßigsten durch probeweise Bearbeitung von 1 qm Fläche, 1 lfd. m Kante und dergl. und Berechnung der hierfür notwendigen Arbeitszeit und Kosten.

Im allgemeinen kann man bezüglich der Bearbeitung sagen, daß mit wachsender mineralogischer Härte auch die Arbeitshärte parallel geht, obwohl auch hier die Lagerbedingungen des Gesteines — Schichtung, Spaltflächen, unregelmäßig oder quaderförmig brechendes Material u. a. m. — einerseits, andererseits der Zweck der Bearbeitung mitsprechen. Am leichtesten zu formen sind Marmor, Alabaster, bruchfeuchter Serpentin, Sand- und Kalkstein, sehr schwer zu bearbeiten Hornblende, Grauwacke, Syenit, Basalt, Diorit und Quarzfels. Gut formen lassen sich meist die massigen Silikat- und mächtigen Schichtgesteine, die, regellos zusammengesetzt, fast überall gleichartig sind und jegliche Abmessungen gestatten. —

Wenn es auch nicht möglich ist, bestimmte Beziehungen zwischen der aufzuwendenden Arbeit und den Festigkeitsverhältnissen aufzustellen, so sind doch Einteilungen der Bausteine in Klassen und Unterabteilungen nach ihrer Festigkeit und Arbeitshärte zum Zwecke der Normierung und Abstufung der Arbeitslöhne als zweckmäßig zu bezeichnen.

Als Beispiel sei die vom Verbande der deutschen Architekten und Ingenieur-Vereine in seiner Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungsanstalten und Versuchsstationen für Baumaterialien[2]) gegebene diesbezügliche Einteilung nachstehend wiedergegeben:

I. Versteinerungslose Felsarten.

(Granit, Diorit, Grünstein, Syenit, Syenit-Granit, Glimmerschiefer u. s. w.)

Qual. I. Mit dem Meißel schwer oder nicht bearbeitbar, daher meist nur zu Pflasterungsmaterial verwandt. Mindestdruckfestigkeit 1600 kg/qcm.

Qual. II. Ziemlich schwer bearbeitbar, aber doch schon zu Säulen u. s. w. zu verwenden. Mindestdruckfestigkeit 1200 kg/qcm.

Qual. III. Gut bearbeitbar und vorzüglich als Hausteinmauerwerk verwendbar. Mindestdruckfestigkeit 1000 kg/qcm.

Qual. IV. Für geringere Sorten von Bausteinen. Mindestdruckfestigkeit 800 kg/qcm.

II. Kalksteine.

(Marmor, Dolomit, Muschelkalk u. s. w.)

Qual. I. Mindestdruckfestigkeit 1000 kg/qcm.

Qual. II. Mindestdruckfestigkeit 800 kg/qcm.

Qual. III. Mindestdruckfestigkeit 500 kg/qcm.

Unter die letzte Gruppe fallen nur noch die weichen Kalksteine jüngerer und jüngster Formation,

---

[1]) Die Zylinder drehen sich hierbei um geradlinige Achsen, welche durch den Schwerpunkt des Zylinders geführt zwei Randpunkte der Bodenkreise berühren, mithin als räumliche Diagonalen bezeichnet werden können.

[2]) . . ., sowie über die Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation der letzteren. Herausgegeben durch den Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878.

die z. T. noch recht gute Bausteine geben, aber wegen der vorkommenden, meist sehr großen Unterschiede in Festigkeit und Beständigkeit mit Sorgfalt auszuwählen und sorgfältig zu prüfen sind.

III. Sandstein.

Qual. I. Mindestdruckfestigkeit 800 kg/qcm. Dahin gehören auch die bis 2000 kg/qcm tragenden und kaum mehr zu bearbeitenden Grauwacken, Molassensandsteine und Buntsandsteine bis 1500 kg/qcm Druckfestigkeit.

Qual. II. Mindestdruckfestigkeit 600 kg/qcm.

Qual. III. Mindestdruckfestigkeit 400 kg/qcm.

Qual. IV. Mindestdruckfestigkeit 200 kg/qcm.

Unter letzterer Mindestzahl wechseln Festigkeit und Beständigkeit der Sandsteine ungemein mit der Güte des Bindemittels, und es ist beim Gebrauche solcher Steine mit größter Sorgfalt zu verfahren.

IV. Konglomerate, Tuffe u. s. w.

Qual. I. Mindestdruckfestigkeit 400 kg/qcm.

Qual. II. Mindestdruckfestigkeit 250 kg/qcm.

Qual. III. Mindestdruckfestigkeit 150 kg/qcm.

§ 14. Besondere Prüfungen.

a) Die Prüfung der Gesteine auf Feuerbeständigkeit pflegt meist in ziemlich roher Weise zur Ausführung zu gelangen. Die betreffenden Steinproben — wiederum Würfel, gleich denen beim Druckversuche — werden entweder mehrere Stunden einem starken Feuer ausgesetzt und alsdann allmählich abgekühlt, oder zwei Stunden im Gasfeuer geglüht — oft nach vorhergehender Tränkung mit Wasser — und dann abgelöscht. Es wird im allgemeinen genügen, wenn besonders bei der zweiten Art der Probeausführung der Stein seinen Zusammenhang nach dieser noch besitzt, da selbst bei vollkommen feuersicherem Gestein ein Auftreten von Rissen und Sprüngen bei der lang andauernden Hitze und der plötzlichen Abkühlung unvermeidbar erscheint.

b) Die Prüfung der Dachschiefer. Nach Dr. Böhme hat sich diese Untersuchung zu erstrecken auf:

Die Prüfung der Gleichmäßigkeit der Kohäsion, des spezifischen Gewichtes, der Wetterbeständigkeit, etwaiger Verfärbung des Gesteines und dessen Härte.

Zunächst findet mit der Lupe eine oberflächliche Besichtigung auch des Bruch-Querschnittes statt, um vorhandene kleinere Risse, Spaltflächen und dergl. zu finden; alsdann folgt die Bestimmung der Wetterbeständigkeit. Zu diesem Zwecke wird die Schieferprobe zunächst in siedendem Wasser gekocht, dann in kaltem Wasser abgeschreckt, ferner eine Stunde mit einer 15 %igen Kochsalzlösung gekocht und auch hierbei öfters plötzlich abgekühlt, alsdann mit siedenden Lösungen von 5 % Natronlauge, weiter mit dieser + 1 % Schwefelammonium, sowie einer Lösung von 2 % Eisenvitriol, 2 % Kupfervitriol und 10 % Kochsalz — je ½ Stunde — gekocht. Bei allen diesen Versuchen ist der Gewichtsverlust zu bestimmen. Weiter folgt die Frostprobe, alsdann das Einlegen des Schiefers in 5 und 10 % Salzsäure und Ermittelung des Gewichtsverlustes hierbei, um zu sehen, ob der Schiefer frei von Schwefelkies und kohlensaurem Kalk ist. Das etwaige Vorhandensein schwefelsaurer, Auswitterungen bedingender Salze wird durch Kochen mit 5 %iger Salzsäure im Wasserbade und Untersuchung der zurückbleibenden

Flüssigkeit erprobt, eine mögliche Verfärbung durch Glühen an der Luft nachgewiesen und zum Schluß die Härte durch das Ritzverfahren auf Grund der Mohsschen Skala bestimmt.

Eine andere, einfachere, für die Praxis aber als ausreichend zu bezeichnende Prüfungsmethode beruht auf der Bestimmung der für die Beständigkeit des Schiefers besonders schädlichen Beimengungen.

Das Vorhandensein kohlensauren Kalkes ergibt sich beim Aufbrausen mit Säuren; Schwefelkies ist beim Glühen der Probe zwischen Kohlen durch Auftreten der stechend riechenden schwefligen Säure nachzuweisen; einen starken Eisengehalt verrät die Entfärbung des Steines beim Übergießen mit Säuren, Kohle zeigt sich durch Gewichtsverlust des Schiefers beim Glühen dieses mit Salpeter. Auch werden schlechte Schiefer, längere Zeit über einer gesättigten, wässerigen Lösung von schwefliger Säure aufgehängt, mürbe und verlieren ihren Zusammenhang, während ein dauerhaftes Material nur wenig Veränderungen erleidet.

c) Die Prüfung von Kies und Steinschlag als Bettungsmaterial für den Eisenbahnbau (nach M. Rudeloff). Eine bestimmte Menge Kies und Steinschlag eines jeden zu prüfenden Materiales wird durch sechs Siebe nach der Steingröße von 6, 12, 19, 25, 32 und 50 mm Durchmesser geschieden. Aus den Wägungen dieser sechs Teile wird der Gewichtsanteil einer jeden Korngröße in einer jeden Steinschlagart festgestellt, um später nach Ausführung der Versuche die Veränderung der Steingrößen und somit die Abnutzung des Materials bestimmen zu können. Die eigentliche Prüfung, welche sich bemüht, die Verhältnisse der Praxis und des Betriebes nachzubilden, umfaßt die Bestimmung des Widerstandes gegen:

α) den Schlag beim Schlagen mit der Stopfhacke,

β) Abschleifen und Zertrümmern unter den schwingenden Bewegungen der Schwellen beim Überfahren der Züge,

γ) Druck durch die Belastung des Fahrzeuges,

δ) Witterungseinflüsse und Frost.

I. Die unter α) angeführte Prüfung wird unter Vermittelung eines Holzkastens, der eine bestimmte Probemenge Schotter aufnimmt, und eines eisenbeschlagenen, die Stopfhacke ersetzenden Fallwerkes mit Schneide ausgeführt; damit die in der Natur vorhandene Nachgiebigkeit des Materials gesichert ist, sind die gegenüber liegenden Seitenwandungen des Kastens federnd angeordnet. Nach den Versuchen wird das Material gesiebt, die einzelnen Größenmengen und der Abfall gewogen und hieraus ein Vergleichungsmaßstab über das Verhalten des geprüften Materials gegenüber dessen Anfangszustande abgeleitet.

II. In ähnlicher Weise wird auch die Einwirkung der schwingenden Schwellen unter der Last des Zuges auf das Abschleifen des Materials bestimmt. Nur wird hierbei der mit Schotter gefüllte Holzkasten mit einem Holzdeckel bedeckt und der Fallblock unten eben gehalten. Es können sich mithin die Kiesteile, dem Betriebsvorgange entsprechend, nur unter sich und gegen den Deckel (Schwellenunterfläche) reiben. Die Prüfungsergebnisse sind wie bei I abzuleiten.

III. Die Prüfung der Einwirkung des stetig wachsenden Druckes, zugleich auch der Nässe und des Frostes erfordert, um allen Möglichkeiten Rechnung zu tragen, die Verwendung verschieden vorbereiteten Materials und zwar: in trockenem Zustande, nach Durchnässung während mindestens zweier Stunden, gefroren und zum Schlusse im nassen Zustande, wiederholten Frostwirkungen ausgesetzt und dann naß aufgetaut. Zur Versuchs-

ausführung werden eiserne, unten fest verschlossene Zylinder benutzt, in welche Kies in bestimmter Korngröße eingerüttelt wird, der seinerseits von oben aus durch einen Stempel mit zunehmender Belastung gedrückt wird. Die Zertrümmerung des Steinschlages ist stets durch erneutes Aussieben des Rückstandes festzustellen.

Die Ergebnisse der Versuche lassen sich kurz in den folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Das Material ist um so weniger als widerstandsfähig anzusehen, je mehr die Korngröße bei gleicher Inanspruchnahme des Materials verändert wird, ein Resultat, dessen Richtigkeit (vergl. Seite 108) auch der Betrieb erwiesen hat. Hierbei kommt auch in Frage, welche Verkleinerung das Material nach der Siebung ergibt.

2. Die Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen Zertrümmern treten im allgemeinen mit wachsender Korngröße stärker hervor, und zwar nimmt mit dieser die Widerstandsfähigkeit meist zu.

3. Die Zertrümmerung des Steinschlages unter stetig wachsendem Drucke scheint geringer zu sein bei größerer als bei kleinerer Höhe der Schicht.

4. Der größte mittlere Widerstand ergab sich in naßgefrorenem Zustande, der kleinste beim nassen Material.

5. Die Probe zur Ermittelung der Einwirkung des Stopfens ist weniger wichtig als diejenige, welche den stetigen Schwingungen der Schwellen beim Befahren des Gleises Rechnung trägt.

Kapitel V.

Die wichtigeren baulichen Verwendungsgebiete der natürlichen Steine.

§ 15. Die Verwendung der natürlichen Steine im Hochbau.

Im Hochbau werden die natürlichen Steine verwandt als gewöhnliche Mauersteine in der Gestalt mehr oder weniger bearbeiteter Bruchsteine, als Werksteine ohne oder mit besonderer Profilgebung, als Dekorationssteine, zu äußerem wie innerem Schmucke, und schließlich in Form von Platten zu Verkleidungen, Täfelungen und Dachdeckungen. —

Das erste Verwendungsgebiet der gewöhnlichen Mauersteine umfaßt sowohl die Benutzung roh oder lagerhaft aus dem Steinbruche gelieferter Steine als auch — wenn auch seltener — gewöhnlicher Feldsteine, die allerdings vielfach erst durch Sprengung zu annähernd lagerhaftem Material umgearbeitet werden müssen; aus der alsdann immer noch sehr unregelmäßigen Form folgt die Verwendung dieses Materiales nur in untergeordneten Verhältnissen. Abgesehen von dem sehr reichlichen Verbrauche an Mörtel (auf 1 cbm Mauerwerk etwa 0,4 cbm Mörtel) und der hierdurch bedingten Ungleichartigkeit des Mauerwerkes, ist auch das Einsetzen kleinerer Steinbrocken in die oft weiten Mörtelfugen — das Auszwicken — nicht zu vermeiden. Am besten verwendbar sind noch die Steine mittlerer Größe, welche bei geschickter Aneinander-

reihung die Ausbildung nicht allzu starker Fugen ermöglichen. Entsprechend dem hierbei verwendeten Material, einem guten Wärmeleiter, wird bei niedriger Außentemperatur den Wohnräumen Wärme entzogen, während zugleich die im Innern dieser befindliche Feuchtigkeit wegen der geringen Durchlässigkeit der Feldsteine zurückgehalten wird, sich an der Mauerninnenseite niederschlägt und den Wohnraum kalt und feucht macht.

Als Mittel hiergegen empfiehlt sich, wenn auch die Wirkung keine vollkommene sein kann, eine Verkleidung der Innenseite mit porösen Ziegeln, zweckmäßig unter gleichzeitiger Aussparung einer Luftschicht.

Gewöhnliche zur Verwendung gelangende Bruchsteine sollen weder sog. Taggesteine sein, d. h. zutage tretenden, meist angewitterten Felsbänken entnommen werden, noch in bruchfeuchtem Zustande in den Bau gelangen; fest, mehr oder minder lagerhaft und geradköpfig, sollen sie nicht unter oder über eine, im besonderen Falle durch Vereinbarung festzusetzende Größe gehen; im besonderen sollen sie keine zu große Höhe besitzen, da hierdurch einerseits Erschwernisse bei Ausführung des Mauerwerkes entstehen, andererseits die Druckfestigkeit — wie aus den Ausführungen auf Seite 81 hervorgeht — mit der Höhe des Steines abnimmt. Vielfach ist vorgeschrieben, daß zum mindesten 75 % der anzuliefernden Bruchsteine eine bestimmte Größe haben sollen, und daß eine nicht zu gering zu bemessende Anzahl von „Bindern“ anzuliefern ist.

Die Steine selbst sollen auf wenigstens zwei zueinander parallelen, den natürlichen Lagerflächen entsprechenden Seiten gut und eben bearbeitet sein; je gleichmäßiger die Steinformate sind, desto weniger Mörtel ist zu ihrer Vermauerung notwendig, desto gleichmäßiger und fester wird das Mauerwerk. Dieses kann aus lauter horizontalen, meist verschieden hohen Schichten in gutem Verbande — im besonderen unter Verwendung einer nicht zu geringen Anzahl von Bindern — hergestellt werden, oder aus verschieden hohen, annähernd rechteckig bearbeiteten Steinen bestehen, die auf etwa 0,80—1,50 m Höhe, zum mindesten bei allen Mauerabsätzen, wagerecht abzugleichen sind.

Eine besondere Art der Ausführung stellt das vielfach als Verblendung benutzte Cyklopen-Mauerwerk — eine allerdings unruhige und ästhetisch wenig befriedigende Anordnung — dar; hier werden polygonale, mit geraden Kanten bearbeitete Steine mosaikartig regellos, aber mit möglichst engen Fugen aneinandergesetzt.

Die im Rohbau stehen bleibenden Ansichtsflächen sind nur mit ausgesuchten Steinen mit guten Köpfen herzustellen.

Bei der Auswahl des Materials ist einerseits auf die Lage der Mauern zum Baugrunde und dessen Beschaffenheit, andererseits auf die Benutzung der Räume zu achten; im besonderen ist hiervon die Frage der zweckmäßigen Verwendung eines kompakten oder porösen Materiales abhängig. Um keine im Winter naßkalten, im Sommer heißen Wohnräume zu erhalten, wird — wie schon bei Verwendung der Feldsteine hervorgehoben — man für erstere die Benutzung wenig poröser, die Wärme gut leitender Gesteine, wie Basalt, Granit, Syenit, Phonolith, Diabas, Diorit u. s. w. ausschließen, dagegen hier aus gesundheitlichen Rücksichten porenreiche, luftdurchlässige, die Wärme schlecht leitendende Gesteine, wie es viele Porphyrarten, Trachyt, Tuffstein, Basaltlava, Sand- und Kalkstein, sind verwenden.

Andererseits werden die kompakten Materialien gern und mit Vorteil für Grund- und Kellermauern, im besonderen bei schwerem, wenig durchlässigem Fundierungsboden, zur Benutzung heran zu ziehen sein; denn wollte man hier porenreiche Steine benutzen, so würde trotz Isolationsschicht die Feuchtigkeit mit Hilfe der Kapillarkraft in den Stein emporsteigen und auch noch weit über Terrain liegende Mauerschichten durchfeuchten.

Im Mittel erfordert 1 cbm lagerhaftes Bruchsteinmauerwerk 1,25 bis 1,30 cbm aufgesetzte Bruchsteine und je nach der Bearbeitung der Steine 0,250 bis 0,350 cbm Mörtel.

Die Abnahme der roh bearbeiteten Feld- und Bruchsteine erfolgt fast stets in Haufen von 10 cbm Inhalt (4 m Länge, 2 m Breite und 1,25 m Höhe); bei lagerhaften Steinen muß man damit rechnen, daß etwa 25—30 %, bei unregelmäßigen, daß etwa 40 % dieses Raumes durch Höhlungen gebildet sind.

Empfehlenswert dürfte es sein, das Aufsetzen der Steine in Haufen, wenn angängig durch eigene Arbeiter ausführen zu lassen, um Benachteiligungen seitens des Lieferanten zu entgehen. Die manchmal üblich Zugabe eines Sackungsmaßes oder dergl. über die geforderte Abmessung des Steinstapels hinaus dürfte wenig Belang haben, da solche Einrichtung nur zur Schaffung größerer Hohlräume beim Aufsetzen der Steine verleitet.

Werksteine, Hausteine oder Quader sind regelmäßige, im besonderen an ihrer Außenseite und den Fugenflächen bearbeitete, meist größere Steine, welche für gewöhnlich nur zur Verblendung von aus Bruchsteinen oder Ziegeln aufgeführten Mauern Verwendung finden; für die genügende Anzahl tief eingreifender Binder ist auch hier Sorge zu tragen. An einem Werksteine unterscheidet man das obere und untere Lager, der natürlichen Lagerung im Bruch entsprechend, das Haupt oder die Stirn (Außenfläche), die Fugenflächen und die inneren Seiten. Die Fugenflächen werden meist nur 3 cm tief genau bearbeitet, die sonst verbleibenden Räume zwischen den Steinen mit Mörtel vollgestampft. Bei größeren, durchgehend eine Flucht bildenden Längen sollen die Steine möglichst gleich lang sein, jedoch erscheinen Abweichungen bis zu 5 cm statthaft.

Die Vorderfläche zeigt entweder, wenn der Posten unbearbeitet bleibt, Rustikaausbildung oder sie wird gespitzt, scharriert, gekrönelt, geschliffen bezw. mehr oder weniger fein gestockt geliefert; im besonderen ist die letztere Bearbeitungsart bei Hartgesteinen Gewohnheit. Verwendung finden als solche zu Werkstücken Granit, Syenit, Diabas, Diorit, Basaltlava u. a. m., während als weichere Gesteine vorwiegend Trachyt, Sand- und Kalkstein, Tuffe u. s. w. in Anwendung sind. Die Quadern und ebenso die profilierten Werksteinarbeiten werden entweder fertig zur Baustelle geliefert oder — falls hierfür Platz vorhanden — erst an Ort und Stelle aus dem rohen Blocke hergestellt. Die Bearbeitung der Steine im Bruch hat in der Regel den Vorteil, daß hier einerseits der Stein (besonders Sand- und Kalkstein) noch feucht ist, sich also leichter bearbeiten läßt, und daß andererseits die Arbeitslöhne meist geringer sind und die Transportkosten wegen der kleineren Masse sich vermindern; allerdings ist hierbei auch die Gefahr der Beschädigung des Steines auf dem Transport gegeben. Es hat sich daher die Gewohnheit ausgebildet, einfachere Steinformen bereits im Bruche oder in der an diesem gelegenen Werkstatt herzustellen, schwierigere auf der Baustelle, besonders verwickelte aber erst nach Versetzen des Steines im Bauwerke selbst zur Ausführung zu bringen.

Für die Herstellung der Quader und Werksteinprofile sind stets genaue, von der Bauverwaltung gelieferte Zeichnungen maßgebend; sowohl für die Anlieferung der Hausteine als auch für die Versetzung sind besondere Verzeichnisse und Pläne aufzustellen und zu diesem Behufe die Steine einwandfrei und dauerhaft mit Buchstaben und Zahlen zu bezeichnen.

Die Einzelpreise der Steine richten sich danach, ob die Arbeit als glatt, gewöhnlich profiliert oder reich profiliert gilt. Als glatte Arbeit werden alle Werkstücke angesehen, welche außer Wassernasen und Abfasung nur ebene bezw.

Bogenleibungsflächen aufweisen oder einfache Quaderbehandlung mit und ohne Rustika zeigen; als einfach profilierte Werkstücke gelten solche mit einfachen Stäben, Kehlen, Kanellierungen u. s. w., als reich profiliert solche, bei denen die Profilbearbeitung sich auf zwei oder mehr Seiten erstreckt, oder wenn Rosetten, größere Ornamente, Wappen und dergl. auszuführen sind. Für figürliche Verzierungen sind stets noch besondere Zuschläge zu entrichten, wenn nicht überhaupt solche Arbeiten besonderer Vereinbarung vorbehalten bleiben.

Das Versetzen der Werksteine erfolgt fast stets unter Verwendung maschineller Hilfsmittel und zwar — nach genauem Einpassen des Steines — entweder in ein volles Mörtelbett (besser) oder durch Untergießen mit leichtflüssigem Mörtel. Bei manchen Gesteinen, besonders Sandsteinen, mit einem Bindemittel von schwefelsaurem Kalk ist darauf zu achten, daß dem Mörtel kein Zement oder Traß zugesetzt werde, da deren Natrongehalt den Stein zum Abblättern bringt und allmählich zerstört[1]).

Ähnliche Beobachtungen sind auch an buntem, tonerdehaltigem Marmor, sowie dünnen Verkleidungsplatten von dem, als belgischer Granit (petit granit) im Handel bezeichneten Marmor gemacht worden.

Treppenstufen aus Hausteinen sind genau nach den vorgeschriebenen Längen und Steigungsverhältnissen zu liefern, hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die oberhalb liegende Stufe auf der unteren ein Auflager von mindestens 3 cm findet. Falls nichts besonderes bestimmt, werden die Stufen aus weichem Gestein an ihren Ansichtsflächen fein scharriert, aus hartem Material fein gestockt hergestellt.

Die Abrechnung der Werksteine erfolgt nach ihrem Inhalte, also nach Kubikmetern, auf Grund der für ihre Herstellung angefertigten Zeichnungen; Gesimse und dergl. können sowohl nach ihrem Inhalte als auch nach laufenden Metern abgerechnet werden; schwierigere Arbeiten, Säulen, Kapitäle, Schlußsteine, Ornamente werden meist nach Stück bezahlt.

Als sog. Dekorationssteine finden in geschliffenem und poliertem Zustande vorwiegend von den Hartgesteinen Granit, Diabas, Diorit, Syenit, Porphyr, von weicheren Serpentin, Alabaster, Marmor Anwendung. Während die harten Gesteine und eine größere Anzahl von Marmorarten unbeschadet im Freien Verwendung finden können, sind Serpentin und Alabaster, wie manche weicheren und südlicheren Marmorarten, nur im Innern zu benutzen. Die Anwendung der Dekorationssteine erstreckt sich auf Verkleidung von Sockeln, Herstellung von Treppen, Ballustraden, Säulen, Wandbekleidungen, Fußböden und ähnlichem monumentalem Schmucke. —

Platten aus natürlichen Steinen finden, abgesehen von den vorstehend erwähnten Wandverkleidungen, vorwiegend zur Herstellung von Fußböden, zu Dachdeckungen, zur Errichtung kleiner Scheidewände u. s. w. Verwendung. Als Fliesen finden meist geschliffene Marmortafeln, Schiefer-, Kalkstein- (Solnhofener) und Sandsteinplatten (Weserplatten) Verwendung; ihre Form ist in der Regel quadratisch, achteckig, auch länglich, ihre größten Abmessungen gehen bis etwa 60 cm. —

Als Schieferplatten für Dachdeckungszwecke finden sowohl deutsche als auch französische, englische und belgische Materialien in Deutschland Verwendung. Über ihr Verhältnis zueinander, im besonderen zum deutschen Schiefer, ist auf Seite 54 bereits das wichtigste hervorgehoben worden.

---

[1]) Die im Mörtelwasser löslichen Natriumsalze dringen mit diesem in den Stein ein, verbinden sich mit der Schwefelsäure des Bindemittels zu Glaubersalz, das seinerseits beim Austrocknen des Steines auskristallisiert und hierbei die einzelnen Quarzteilchen des letzteren abstößt und ein Abblättern des Steines zur Folge hat.

Die deutschen Schiefer haben meist 5—6 mm Stärke und brechen nicht in so großen Platten wie besonders die englischen. Ihre Form wird ihnen bereits im Bruche gegeben, um kein unnützes Material zu verfrachten. Im allgemeinen kommen fünf verschiedene Hauptformen vor: 1. die sechseckige, z. T. rechtwinklige Form, die Normalform, für flachere Dächer geeignet und ausgezeichnet durch große Materialersparnis; 2. die rechteckig spitzwinklige Form, bei steileren Dächern und rascherem Wasserabfluß empfohlen; 3. die Fünfecksform, im besonderen für gekrümmte Flächen geeignet; 4. die Vierecks- oder englische Form, für einfache oder doppelte Deckung, für erstere mit schräg laufenden Gebinden, zu verwenden; 5. die Schuppen- oder altdeutsche Form von trapezähnlichem Aussehen. Zudem werden geliefert Randsteine zur Eindeckung der Firsten und Traufränder, Kantensteine für Giebel, Kehlsteine u. s. f. Über die verschiedenen Größenverhältnisse geben die Preisverzeichnisse der einzelnen Schieferbrüche Auskunft, desgl. über die Frage, wieviel Material der bestimmten Form zur Eindeckung von je 1 qm der Fläche erforderlich ist. Die größten üblichen Abmessungen dürften bei der Rechteckform 62 cm in der Länge und 36 cm in der Breite nicht überschreiten, bei dem normalen Sechseck sschiefer bis zu 66 bezw. 55 cm betragen. Das Gewicht eines deutschen Schieferdaches einschließlich der 2 cm starken Schalung beträgt rd. 85 kg/qm.

Bei der Ausschreibung sind Tafelform und -Größe, die Art der Eindeckung und das Maß der Überdeckung der einzelnen Platten genau anzugeben; bei Einsendung von, den Fundort genau bezeichnenden Qualitätsmustern sind zugleich Proben der Befestigungshaken oder Nägel einzureichen. Die veranschlagte Schiefermenge ist vor Beginn der Eindeckung vollkommen anzuliefern und leicht zählbar aufzusetzen. Später übrig bleibendes Material gehört der Bauverwaltung.

Die Abrechnung erfolgt nach Quadratmetern eingedeckter Dachfläche, wobei nur Durchbrechungen von mehr als 1 qm Größe in Abzug gebracht zu werden pflegen.

Weniges sei noch über die Kosten der Gewinnung des Materials und der Bearbeitung der natürlichen Steine mitgeteilt. Wegen besonderer einschlägiger Fragen sei auf die Spezialwerke von Schwatlo, Koch und Osthoff verwiesen.

Die Kosten der Steingewinnung: Dieselben seien ausgedrückt in Tagesschicht-Einheiten, um eine von den örtlichen Lohnsätzen unabhängige Darstellung zu ermöglichen. Nach Sapper (vergl. Reinhardt, Ingen.-Kal.) erfordert die Gewinnung von:

a) weicherem Gestein: Sandstein, Kalkstein, Schiefer	zu Bruchstein	1,3	Tagesschichten,
	„ Werkstein	3,0—5,0	„
b) mittelhartem Gestein: Kalkstein, Marmor, mittelharter Porphyr, Granit u. s. w.	„ Bruchstein	2,0	„
	„ Werkstein	7,0	„
c) sehr hartem Gestein: Granit, Basalt, Porphyr, Syenit, Diabas, Diorit u. s. w.	„ Bruchstein	2,5—3 0	„
	„ Werkstein	bis 14,0	„

Das Aufladen der Bruchsteine erfordert rd. 0,166 Tagesschichten.
Desgl. der Werksteine 0,25 „

Das Aufsetzen der Bruchsteine in Haufen kostet bei gewöhnlicher Größe 6 Mk., bei größeren Steinen 10 Mk. für je 1 cbm.

Die Bearbeitung weicher Steine z. B. des Sandsteines kostet (nach Schwatlo) für je 1 qm:

Erste Zurichtung, spitzen	1,25—2,20 Mk.
krönеln	1,25—3,00 „
grob scharrieren	2,75—3,50 „
fein scharrieren	4,75—5,00 „
schleifen	4,50—5,00 „

Desgl. bei Marmor, glatte Bearbeitung von 1 qm, einschließlich schleifen 20—30 Mk.

Ferner bei Granit für je 1 qm:

spitzen	5—6 Mk.
gewöhnl. stocken	8—9 „
fein stocken	12—18 „
grob schleifen	25—30 „
fein schleifen	55—60 „
polieren	100—110 „

1 cbm einfacher Sandstein — Werkstücke — glatt bearbeitet kostet 120 Mk.

1 cbm profilierter Sandstein, Werkstücke zu Tür- und Fenstereinfassungen, Säulen, Pfeilern sauber bearbeitet 160 Mk.

1 cbm fertiges Bruchstein-Mauerwerk in Kalkmörtel kostet rd. 13—14 Mk.

Desgl. in Zement-Mörtel (1 : 3) 18 Mk.

Desgl. in verlängertem Zement-Mörtel (2 Kalk, 1 Zem., 6 Sand) 16 Mk.

1 cbm Werksteinmauerwerk herzustellen (ohne Material) kostet rd. 8 Mk., 1 qm Verblendung mit Hausteinen desgl. etwa 4 Mk.

1 m Treppenstufe aus Granit, 25 bis 30 cm breit, 15—18 cm hoch, vordere und obere Fläche glatt bearbeitet, kostet fertig verlegt 12 Mk., desgl. aus Sandstein 8 Mk.

1 qm Schieferdach in deutscher Deckung erfordert einschließlich der Schalung rd. 4,20 Mk. Kosten.

Auch die nachfolgenden Angaben sind von allgemeiner Bedeutung:

1 cbm Felsmasse liefert 1,5 cbm Steine in Haufen aufgesetzt.

1 cbm Mauerwerk aus lagerhaften Steinen bedarf 1,25 cbm in Haufen aufgesetzter Steine.

Desgl. aus weniger lagerhaften Steinen 1,30 „ „ „ „ „

Desgl. aus unregelmäßigen Steinen 1,40 „ „ „ „ „

Verwendet man alte Steine aus Fundamenten und dergl. so kann man für je 1,5 cbm solcher Steine auf 1 cbm neuen Mauerwerks rechnen.

Es wiegt

1 cbm	Mauerwerk	aus	Kalkstein	im Mittel 2600 kg
„ „	„	„	Sandstein	„ „ 2400 „
„ „	„	„	Granit	„ „ 2700 „
„ „	„	„	Marmor	„ „ 2700 „
„ „	„	„	Basalt	„ „ 3200 „
„ „	„	„	Schiefer	„ „ 2700 „

§ 16. Die Verwendung der natürlichen Steine im Ingenieurbau.

In Frage kommt hier sowohl die Verwendung a) im Wasser- und Tiefbau, als b) im Brückenbau und c) im Straßen- und Eisenbahnbau.

a) Soweit im Wasser- und Tiefbau gemauerte, aus Werk- oder Bruchsteinen aufgeführte Baulichkeiten in Frage kommen, sei bezüglich der Verwendung des natürlichen Steinmaterials hierbei auf die vorstehenden Ausführungen in § 15 verwiesen. Es sei nur im besonderen hervorgehoben, daß gerade bei den hier in Frage kommenden Baulichkeiten ein ganz besonderer Wert auf die gute Ausführung des Mauerwerkes und die Materialien desselben zu legen ist. Deshalb ist im besonderen bei der Herstellung von stärkeren Ufermauern, Stauwerken aller Art, Schleusen u. s. f. vorzuschreiben, daß die Steine durchaus lagerhaft sein müssen, daß ihre nach hinten gestattete Verjüngung sich auf höchstens $^2/_3$ der Kopffläche erstrecken darf, daß die Lager und Stoßfugen zum mindesten auf 15 cm Länge vom Kopfe an sauber bearbeitetet sein, ihre Flächen zur Kopffläche senkrecht stehen müssen und dergl. mehr. Auch soll etwa der vierte Teil der Steine Binder sein, zweckmäßig von einer größeren Länge als 40 cm. Vielfach kommen zur Eckbildung bei sonst in Bruchstein ausgeführtem Mauerwerke Eckquadern bis 60 cm hoch vor, welche somit die Höhe mehrerer Bruchstein-Schichten besitzen; in ihrer Oberfläche sind zum mindesten alsdann

letztere sauber abzugleichen. Meist finden Gleichschichtsteine (sog. Moëllons) Anwendung, welche, wie der Name andeutet, die Ausführung lauter gleich, d. i. horizontal, verlaufender Schichten gestatten; die Höhe dieser kann jedoch verschieden sein und schwankt meist zwischen 15 und 25 cm.

Das verwendete Material muß im besonderen hart, schwer, wetterbeständig und frostsicher sein; in der Regel ist bei sonst gleichen Eigenschaften für wasserbauliche Zwecke das Gestein am geeignetsten, welches bei großer Schwere am wenigsten Wasser schluckt; auf etwa vorhandene — vielfach durch ein zu gewaltsames Ab- und Zersprengen der Steine hervorgerufene — Risse und Sprünge ist besonders Bedacht zu nehmen.

Meist verwandte Gesteine sind: beste Granite, Syenite, Porphyre, auch dauerhafter Gneis, Zechstein, Grauwacke, Hornblendeschiefer und ähnliches Material. Bei den sonst sehr geeigneten Grünsteinen und Basalten bildet oft die Kleinheit der Steine und die Schwierigkeit der Bearbeitung ein Hindernis. Sehr empfehlenswert ist die Verwendung von Quarzfels wegen seiner großen Härte zu Betonbauten des Wasserbaues, im besonderen zur Herstellung von Gerinnsohlen und dergl., um diese gegen den Angriff der Geschiebe zu sichern.

Die Abnahme des Materials erfolgt entweder nach Kubikmetern der in Haufen aufgesetzten Steine oder — besser — nach Feststellung des Gewichtes eines Kubikmeters durch Wägen der vollbeladenen Wagen und Umrechnen des ermittelten Gewichtes in Raummaß.

Zur Abdeckung der Bauwerke erforderliche Werksteinplatten werden zweckmäßig aus Granit, Basaltlava, festem Sandstein u. s. f. hergestellt. Ihre Stärke sollte nicht unter 15 cm betragen.

Zur Ufer-, Böschungsbefestigung u. s. w. findet vielfach Säulenbasalt Verwendung, dessen Köpfe, soweit angängig, mit dem Hammer flach bearbeitet sind; in der Ansichtsfläche ist es hierbei empfehlenswert, die Fugen zwischen den eng zusammengesetzten fünf- oder sechsseitigen Säulen auf etwa 10 cm Tiefe mit gutem Zementmörtel auszufüllen; bei größeren Fugen ist vorher ein Auszwicken dieser notwendig. Wenn erhältlich, findet auch Plattenbasalt in viereckigen, 15—20 cm dicken Stücken von 30—60 cm Seitenlänge zu gleichem Zwecke mit Vorteil Verwendung.

Ähnliche Abmessungen zeigen auch sonstige — möglichst schwere — zur Böschungsbefestigung verwendete Gesteine. Als geringste Lagerfläche für diese sollten 0,15 qm innegehalten werden, kleinere Steine also von der Verwendung ausgeschlossen bleiben. Damit die Steine sich gegenseitig festhalten, pflegt man zweckmäßig die größere Lagerfläche abwechselnd nach oben und unten zu legen; es sollte also auch bei Materialbeschaffung Wert darauf gelegt werden, daß ein derartiger Verband senkrecht zur Böschungsfläche ermöglicht wird.

Belastungssteine, welche der Belastung von Sinkstücken u. s. w. dienen, können von den verschiedensten, unter Wasser haltbaren Steinen genommen werden, deren spez. Gewicht mehr als 2,3 beträgt. Der einzelne Stein soll zweckmäßig schwerer als 15 kg, aber leichter als 60 kg und möglichst kantig sein; kugelförmige Steine sind wegen ihrer leichten Bewegbarkeit nicht zu verwenden.

b) Im Brückenbau findet zur Herstellung der Steingewölbe ein meist mittelhartes, aber durchaus wetter- und frostbeständiges und vor allem gut bearbeitbares Steinmaterial Verwendung. Harter Granit, Syenit, Porphyr, Basalt werden demgemäß hier nur wenig benutzt, hingegen sind feste Kalk- und Sediment- sowie mittelharte Silikatgesteine besonders geeignet. Ist man genötigt, verschieden beständiges, sonst aber

gleichartiges Material zu verwenden, so sind stets die dauerhaften Steine außen und in den folgenden Schichten, die weniger guten im Innern des Gewölbes zu verwenden.

Die früher zum Bau massiver Brücken verwendeten, mit wenig Mörtel versetzten Quader haben heute für den Brückenbau weniger Bedeutung. Die Anschauung hat sich zu gunsten des Bruchsteinmauerwerkes (Betons etc.) umgewandelt — im besonderen nachdem die vom österreichischen Architekten- und Ingenieur-Vereine in den Jahren 1892—94 mit Brückengewölben (in Purkersdorf) ausgeführten Untersuchungen erwiesen, daß ein gut ausgeführtes Bruchsteingewölbe als ein elastischer Bogenträger ohne Gelenke berechnet werden könne. Zur Zeit legt man — nach Vorgang der Franzosen — zum mindesten soviel Wert auf den zum Bau verwendeten Mörtel als auf das Steinmaterial selbst.

Die Verwendung von Werksteinen im Bau der Brückengewölbe beschränkt sich mithin heute fast nur noch auf eine äußerliche Verkleidung, abgesehen von der Anordnung von Gelenken im Gewölbe, zu denen allerdings meist Quader, und zwar von besonderer Härte und Widerstandsfähigkeit herangezogen werden.

Neben den im Kapitel IV, § 11, bereits behandelten Arbeiten zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Gesteinen sind im Interesse der Verwendung dieser im Brückenbau eine große Anzahl von Versuchen zur Durchführung gelangt, welchen die Erforschung der Druckfestigkeit der Mauerwerkskörper und die Bestimmung von deren Elastizitätszahl zur Aufgabe diente.

Nach Arbeiten von Ebermayer-München, ausgeführt 1887 an Mauerwerks-Würfeln von 15 cm Seitenlänge, gebildet aus 3 Tonschieferplatten von je 4 cm Stärke und zwischengestampftem Zementmörtel [1]), ist die Bruchfestigkeit zwischen den Grenzen von 230 kg/qcm und 380 kg/qcm liegend ermittelt worden. Noch bessere Ergebnisse lieferten die Versuche von Rheinhardt-Stuttgart 1888 mit Buntsandstein- bezw. Granitplatten und Zementmörtel 1 : 2 ausgeführt. Hierselbst stellten sich die Bruchfestigkeiten nach 4 Wochen bei Sandstein auf 440—454, beim Granit nach 6 Wochen auf 450 kg/qcm.

Ein ähnliches Resultat ergaben der Praxis nahe kommende Versuche von Leibbrand, 1888 in München mit Buntsandsteinmauerwürfeln und Zementmörtel 1 : 2 durchgeführt; diese zeigten eine Bruchfestigkeit von 318—653 kg/qcm; man wird mithin bei etwa 20facher Sicherheit bei gutem Bruchsteinmauerwerk mit einer zulässigen Druckbeanspruchung von etwa 30 kg/qcm rechnen können. —

Weitere Versuchsausführungen von Tourtay erstreckten sich auf den Einfluß des Mauerwerkes auf die Mörtelfuge überhaupt. Die Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen, daß die Zerstörung des Mörtels im Bruchsteinmauerwerk erst bei sehr viel höherem Druck als in den aus Mörtel hergestellten Probewürfeln stattfindet, daß ferner Probeplatten ohne Zwischenlagen von Mörtel wesentlich geringere Festigkeiten als volle Steinwürfel ergeben, und daß Probeplatten mit reinem Zementmörtel sich wie volle Steinwürfel verhalten. Es wird mithin auch ein guter Zementmörtel im Bruchsteinmauerwerk eine zulässige Druckbeanspruchung von rd. 30 kg/qcm, wie vorstehend angegeben, mit ausreichender Sicherheit aushalten können. Der Adhäsionswiderstand des Zementmörtels am Bruchsteinmauerwerk wurde bei den Purkersdorfer Versuchen aus der ersten Rißbildung zu rd. 9 kg/qcm bestimmt.

Der Anwendung von Steingelenken im Brückenbau und der hierbei auf schmale Flächen erfolgenden Übertragung oft sehr großer Druckkräfte, tragen Versuche Rechnung, welche von Bauschinger, Durand-Claye und von Bach — von letzteren

---

[1]) 5 Zem. + 1,25 Kalk + 12 bezw. 15 Sand, also ein geringer Mörtel.

auf Anregung Leibbrands — zur Ausführung gelangten und sämtlich in dem Ergebnisse übereinstimmen, daß die Druckfestigkeit des natürlichen Gesteines erheblich mit Verkleinerung der Druckflächen wächst. Die Versuche wurden z. T. dadurch bewirkt, daß ein schmaler Stahlstempel den Druck auf den Versuchswürfel übertrug. Bach benutzte hierzu Sandsteinwürfel von 10 cm Seitenlänge und Stahlstempel von 10 cm Länge und einer wechselnden Breite von 2,5, 2,0, 1,5, 1,0 und 0,5 cm. Die Versuchsergebnisse, aus denen die Vergrößerung der Druckfestigkeit hervorgeht, sind aus der nachfolgenden Zusammenstellung zu ersehen; aus ihr folgt eine rd. $3^1/_2$ bis 20 fache Vermehrung.

Bruchfläche und Bruchbelastung in kg/qcm	Stempellänge = 10 cm, Stempelbreite in cm					
	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	
Bruchbelastung für die Grundfläche des Würfels von rd. 100 qcm	232	188	156	120	102	in kg/qcm.
Bruchbelastung für die Druckfläche des Stahlstempels	926	943	1044	1193	2050	

Jedenfalls geht aus den Versuchen hervor, daß ein — rechnerisch sich oft sehr hoch stellender — Gelenkdruck bedeutend über die sonst erlaubte Steinpressung hinaus gestattet werden kann.

Bezüglich der Elastizitätszahl von Bruchsteinmauerwerk sei bemerkt, daß diese fraglos bei guter Ausführung und entsprechendem Material zu 50000 kg/qcm angenommen werden kann. In Purkersdorf ist dieselbe an Bruchsteingewölben zu 60400 kg/qcm bestimmt worden.

Zur Auswahl und Verwendung von natürlichem Steinmaterial beim Bau der Widerlager und Pfeiler der Brücken ist wenig besonderes zu bemerken. Hier findet, wenn der Pfeiler dem Anprall von Wasser und Eis ausgesetzt ist, des öfteren noch ein Aufbau in Werkstein statt, zum mindesten eine tief eingreifende Verblendung mit schweren, bis 0,6 m hohen Quadern und zwar bis zur Höhe des höchsten Wassers. Binder und Läufer der einzelnen Schichten liegen in geordnetem Verbande übereinander; hin und wieder — meist jedoch nur an den Vorköpfen — greifen auch die Binder mittelst besonderer Verzahnungen, hakenförmiger Ansätze und dergl. in die Läufer bezw. das Pfeilerinnere ein. Zur besseren Druckverteilung und Sicherung des Pfeilers sowie um ein gleichmäßiges Setzen dieses zu bewirken, pflegen einige Werksteinschichten in etwa 1—1,50 m Höhe bei sonstiger Ausführung des Pfeilers in Bruchstein vollkommen durchzubinden.

Bei im Trockenen stehenden Pfeilern pflegt man bei natürlichen Gesteinen gern Bruchsteine zu verwenden. Eine Quaderverblendung erscheint hier, besonders wenn der Pfeiler hoch ist, wegen des hierdurch bedingten ungleichmäßigen Setzens seines Kernes und seiner Außenfläche, nicht einwandfrei; besser werden auch nach außen niedrige Bruchsteine verwandt, welche roh gespitzt oder bossiert bleiben.

Zweckmäßig finden auch die auf Seite 101 bereits erwähnten Gleichschichtsteine (Moëllons) hier Verwendung; rd. 20 cm hoch, bedingen sie meist je 2 Schichten von Bruchsteinen. Will man auch diese Ungleichartigkeit des Mauerwerkes vermeiden, so sortiere man die einzelnen Schichtsteine nach ihrer Höhe und vermauere in den einzelnen Schichten nur Steine vollkommen gleicher Höhe, so daß alle Schichtenflächen vollkommen horizontal liegen. Hierbei werden die höheren Steine (Schichten) am Pfeilerfuße, die niedrigeren nach der Pfeilerkrone zu verwandt.

c) Die Verwendung des natürlichen Gesteines im Straßen- und Eisenbahnbau. Diese erstreckt sich auf Pflastersteine der verschiedensten Formen und Art, auf Steinschlag-, Schotter- und Bettungs-Material, auf Trottoirplatten, Bordsteine und dergl.

Die Pflastersteine, entweder aus Findlingen oder — meist — aus abgesprengten großen Gesteinsstücken hergestellt, werden durch weitere Zerteilung dieser und eine rohere oder bessere Bearbeitung gewonnen; sollen sie zur Herstellung von rauhem Pflaster dienen, so erhalten sie nur eine annähernd ebene Oberfläche und unterhalb dieser auf geringe Höhe eine vieleckige Form, damit sie in einer — dem Zyklopenverbande ähnlichen — Zusammensetzung ohne allzugroße Fugen aneinandergereiht werden können. Da es sich empfiehlt, stets gleich große Steine auf größeren oder kleineren Strecken zu verwenden, so ist das Aussuchen der rohen Pflastersteine nach ihrer Größe notwendig, zum mindesten empfehlenswert.

Eine genauere Bearbeitung erfahren die zum Reihenpflaster verwendeten, roh bossierten Steine.

Ihre Oberfläche bildet ein ebenes Rechteck, ihre Form ist die eines Parallelipipeds — auch Würfels — oder einer nur wenig abgestumpften Pyramide. Die an ein und derselben Stelle zur Verwendung gelangenden Pflastersteine sollen möglichst gleich groß sein, damit sie den Untergrund gleichmäßig beanspruchen und ein Einsinken einzelner Steine verhindert wird; naturgemäß wird — wie aus der Art der Steinbearbeitung erklärlich — auch ein kleiner Spielraum in den Größen gelassen werden müssen, da sonst die Lieferung sehr erschwert und unverhältnismäßig verteuert werden würde.

Da in den einzelnen Fugen zwischen den Steinen die Zugtiere Halt finden sollen, dürfen die Steine selbst nicht zu breit sein. Mit geringerer Breite muß aber wieder ihre Länge wachsen, um die Pressung auf den Baugrund nicht zu groß werden zu lassen. Jedoch sollten sich auch die Abmessungen nach der Druckfestigkeit und Zähigkeit des Gesteines richten, da je größer diese, desto weniger leicht sich eine rundliche Oberfläche bildet, desto weniger hoch also das Rad von der Mitte des Steines auf die Kante herabfällt und diese zum Abplatzen bringt; weichere Steine werden demgemäß breit sein müssen, um einen allmählicheren Übergang in diesem Sinne zu gewährleisten. E. Dietrich schlägt vor, die folgenden Normalabmessungen als Funktionen der Druckfestigkeit des Gesteines zur Ausführung zu bringen:

Druckfestigkeit	Oberfläche	Höhe
> 1200 kg/qcm	10 . 22,5	15 cm
800—1200 „	10 . 22,5	20 „
< 800 „	12 . 25	20 „

oder falls billiger: 18 . 18 . 18 cm.

Nach Bockelberg ist es empfehlenswert, den Steinen eine Breitenabmessung (in der Richtung der Fahrbahn) von 7,5 bis höchstens 15 cm und eine Höhe bis 20 cm zu geben; als gutes Ausführungsmaß wird empfohlen $10 \times 20 \times 15$ cm; andere als zweckmäßig bezeichnete Maße sind: Breite 10—13, Länge 15—20, Höhe 12—16 cm. Die zur Herstellung eines guten Verbandes notwendigen Binder sollen dieselbe Breite wie die normalen Steine, aber ihre $1^1/_2$ fache Länge besitzen.

Von vielen Verwaltungen werden die Steine nach der Vollkommenheit ihrer Form in Klassen eingeteilt, z. B. in solche erster Klasse mit vollkommen parallelipipedischer Form, in solche zweiter, bei denen die Grundfläche $^4/_5$ der Kopffläche beträgt, und in solche dritter mit einem Verhältnis von $^2/_3 : 1$ u. s. f.

Jedenfalls wäre es sehr erwünscht, wenn nach dem Vorschlage von E. Dietrich die Aufstellung von allgemein gültigen Normalabmessungen für Pflastersteine zur Durchführung gelangen könnte. Einerseits wären hierdurch die Steinbruchbesitzer in die Lage versetzt, auf Vorrat arbeiten zu können und Lieferungen schnell zur Ausführung zu bringen, andererseits würde der Preis sich wohlfeiler stellen und somit manches ausländische, unserem deutschen Material in seinen Eigenschaften nicht überlegene, nur bisher billigere Gestein verdrängt werden können.

Das zum Steinpflaster zu verwendende Material soll nötige Zähigkeit und Festigkeit ($K > 1000$ kg/qcm) mit ausreichender Dauerhaftigkeit und langsamer wie gleichmäßiger, rauher Abnutzung verbinden, also nicht glatt werden, nicht kugelig splittern oder runde Kanten erhalten, aber auch nicht zu schwer bearbeitbar sein und sich in Form regelmäßiger Körper spalten lassen. Als besonders geeignete Gesteinsarten seien genannt: mittelkörniger Granit (der feinkörnige, wird u. U. bei sehr starkem Befahren glatt), Gabbro, Diabas, Diorit, Porphyr, Basaltlava, Grauwacke von gleichmäßiger Festigkeit, Basalt — wegen Glattwerdens, besonders bei Nässe, in schmalen Steinen zu verwenden — und harter Kohlensandstein; die Kalkgesteine treten — abgesehen von örtlicher Verwendung — im Straßenbau meist erheblich zurück, und zwar wegen ihrer großen Staub- und Schmutzbildung.

In die Lieferungsbedingungen für Reihenpflaster sind meist neben dem Material und der Form des Steines besondere Bestimmungen über die von der Normalgröße gestatteten, unvermeidlichen Abweichungen aufzunehmen; vielfach wird verlangt, daß die Kopfbreite höchstens um 5 mm Abweichungen zeigen darf, daß die Fußfläche genau der scharf rechteckigen Kopffläche parallel sei, daß die Seitenflächen bis höchstens 1 : 20 geneigt sein dürfen, daß die größten Höhenunterschiede in den Kopf- und Seitenflächen höchstens 12 mm betragen und daß an letzteren (wegen einer guten Fugenausbildung) keine Teile über die gedachte, am Kopf ansetzende parallelipipedische Begrenzung des Steines heraustreten dürfen. Auch ist das gestattete Abweichungsverhältnis zwischen Fuß- und Kopfabmessungen anzugeben.

Die Abnahme der Steine erfolgt entweder nach Stück (zu je 1000) oder verbaut in der Straßenfläche nach Quadratmetern.

Zwischen dem Pflaster und dem Steinschlag steht das Kleinpflaster[1]), aus kleineren Bruchsteinen oder Findlingen hergestellt. Die einzelnen $^1/_2$—1 kg schweren würfelförmigen oder rechteckigen Steine von 6—10 cm Seitenlänge und 6—12 cm Höhe werden dicht schließend auf festen Unterlagen versetzt. Mit 1 cbm können etwa 10—12 qm Straße gepflastert werden. Das im besonderen in der Provinz Hannover angewandte Material hat sich auch bei schweren Verkehrslasten und auf Betonunterlage bewährt und besitzt eine etwa 3fache Dauer gegenüber einer gleichartigen Schotterbahn.

Steinschlag zur Herstellung von Steinbahnen wird zweckmäßig nur aus harten, sehr druckfesten Gesteinen, Quarzfels, Basalt (liefert u. U. Staub und Schmutz), Granit, Gneis, Gabbro, Diorit, Diabas, Basaltlava, Grauwacke u. s. w., hergestellt, welche tunlichst in Würfelform von gleicher Größe und 2—4 cm Seitenfläche spalten; auch soll das Material wenig Staub und keinen klebrigen, zähen Schlamm bilden; im besonderen ist das letztere für den Bestand der Steinschlagbahn deshalb wichtig, weil solcher Schlamm bei Tauwetter sich an den Rändern festsetzt und ein Aufwickeln der Decklage bewirkt.

Die Prüfung der Schottersteine hat sich demgemäß auf ihre Festigkeit, Wasseraufnahmefähigkeit, Frostbeständigkeit und Abnutzungshärte zu erstrecken; auch

[1]) Vergl. u. a. Deutsche Bauzeitung 1894 S. 325, 337, 376 und 418 sowie 1897 S. 501; Hannöversche Zeitschrift 1887 S. 425, 1894 S. 19.

dürfte die weiter unten erklärte Wertziffer über die Zweckmäßigkeit der Materialwahl Auskunft geben.

In der Regel ist das mit Handarbeit hergestellte Steinschlagmaterial dem mit Brechmaschinen gewonnenen vorzuziehen; abgesehen von der größeren Gleichmäßigkeit der Handarbeit, wird Schottermaterial sehr oft in der Maschine überbeansprucht, in scharfe Splitter zerbrochen, durch die gewaltsame Behandlung rissig gemacht u. s. w.

Zum Unterbau der Steinschlagbahnen (auch der Pflasterbahn) eignen sich auch splitterige oder weichere Steine, welche genügend tragfähig sind und nicht so fest aneinander backen, daß sie den Abfluß des Wassers verhindern; im besonderen können neben den für Steinschlagbahnen als geeignet bezeichneten harten Materialien hier dauerhafter Sand- und Kalkstein, Dolomit, Zechstein, Phonolith, Hornblendeschiefer, Kieselsteine u. a. m. Verwendung finden.

Ziemlich allgemeine Gültigkeit dürfte die nachfolgende Klassifikation der Schottermaterialien besitzen, wie sie in Braunschweig üblich. Die Gesteine der ersten zwei Klassen dürften sich zur Decklage, die der letzten drei zur Herstellung der Unterbettung eignen[1]):

Klasse I.: Hornfels, Gabbro, dichter Gneis, Basalt (Granitporphyr).
„ II.: Grobkörniger Grünstein, Grauwacke, körniger Quarz, Kieselschiefer, nordische Geschiebe.
„ III: Die unter II. genannten Gesteine aus minder festen Lagen.
„ IV: Zechstein, Rogenstein, Muschelkalk, Jurakalk, Dolomit.
„ V: Plänerkalk und die unter IV. genannten Gesteine aus weniger festen Lagen.

Das vorteilhafteste zur Verwendung zu bringende Material würde theoretisch dasjenige sein, bei welchem die Summe aus den Neubaukosten, den kapitalisierten jährlichen Unterhaltungskosten sowie einem Kapital, welches am Tage der Inbetriebsetzung der Straßenstrecke auf Zinseszins gelegt den späteren Erneuerungsfonds abgibt, ein Minimum ist; praktisch werden hierbei in erster Linie die Unterhaltungskosten ins Gewicht fallen, welche ihrerseits neben den Straßen- und Verkehrsverhältnissen wieder von der Festigkeit, Wetterbeständigkeit und Abnutzbarkeit des Gesteines abhängig sind, im besonderen von der letzteren Eigenschaft; denn die Erfahrung hat gezeigt, daß eine Steinbahn sich vorwiegend durch den mechanischen Angriff der Hufe der Zugtiere abnutzt. Deshalb dienen auch die auf den Seiten 91 und 92 erwähnten Methoden, die Abnutzbarkeit der Gesteine zu bestimmen, das Abschleifen derselben, die Bohrprobe sowie die Erprobung auf rotierenden Trommeln unmittelbar zur Wertbemessung der Steinschlagmaterialien.

Neben diesen, den Versuchsanstalten vorbehaltenen Untersuchungen sind noch die folgenden Methoden, eine **Wertziffer** für Vergleichung der Steinmaterialien für Zwecke des Straßenbaus zu finden, bemerkenswert:

a) Die Bockelbergsche Methode, welche von der Annahme ausgeht, daß die quantitative Abnutzung zweier Materialien an der Oberfläche der Steinschlagbahnen A und A_1 im umgekehrten Verhältnisse der n-fachen Potenz der Festigkeitsziffern f und f_1 stehe.

$A : A_1 = f_1^n : f^n$; solange beide Zahlen nicht allzu verschieden sind und f_1 bezw. $f < 940$ kg/qcm ist wird $n = \frac{3}{2}$; bei f_1 bezw. $f > 940$ kg/qcm wird $n = \frac{5}{4}$; weichen jedoch die Festigkeiten f der zu vergleichenden Materialien um mehr als das Doppelte bezw. Dreifache voneinander ab, so liegt n zwischen $1\frac{1}{2}$ und 2, bezw. n ist = 2 zu setzen.

---

[1]) Die Tabelle besagt zugleich, daß z. B. von einem Gestein der Klasse II die zweifache, von einem Material der Klasse III die dreifache Menge Steinschlag zur Ausführung derselben Arbeit notwendig ist, wie von Klasse I. Die Gesteinsbezeichnungen sind die in Braunschweig üblichen.

b) Das Verhältnis der $\frac{\text{Druckfestigkeitszahl}}{\text{Abnutzungszahl}} = \gamma$ wird als Wertziffer aufgefaßt — eine in Baden angewandte Beurteilungsmethode.

Setzt man die Druckfestigkeit beim Dolerit $= 1$, desgleichen seine Abnutzungszahl, so wird für Dolerit die Wertziffer selbst $= 1$; für die anderen Materialien sind die nachfolgenden, eine Vergleichung ermöglichenden Werte bestimmt:

Dolerit 1,00; Basalt 0,772; Porphyr 0,631 i. M. (0,813—0,486); Diorit 0,826; Syenit 0,621; Gneis 0,604; Granit 0,590 i. M. (0,785—0,434); Hornblende 0,590; Klingstein 0,590; Grauwacke 0,590; Tonschiefer 0,782.

Unter Zugrundelegung des Wertes γ wurden alsdann weiter die zur Unterhaltung der Straßen erforderlichen Steinschlagmengen berechnet und zwar unter Zugrundelegung der am Porphyr durch ausgedehnte Beobachtungen gemachten Erfahrungen. Die Ergebnisse der vergleichsweisen Rechnung sind, bezogen auf je 1 km und eine 5 m breite Straßenbahn sowie für 7 verschiedene, durch die Größe des Verkehrs unterschiedene Straßengattungen, in der Anmerkung zusammengestellt [1]).

In ähnlicher Weise wie oben wurde auch als Wertziffer, und zwar — seitens der württembergischen Verwaltung — zur Beurteilung der Materialeigenschaften, der Wert $\sqrt{m \cdot n}$ herangezogen, wenn m die Verhältniszahl der Druckfestigkeit, n diejenige der Abnutzung darstellt. Wird $\sqrt{m \cdot n}$ für Dolerit wiederum $= 1$ gesetzt, so ergibt sich für:

Granit 1,19, Aplit 1,20, Granit-Porphyr 1,22, kieselhaltigen Buntsandstein 1,23, Basalt 1,51, mittleren Muschelkalk 2,77, Keuper-Sandstein 2,96, Liaskalk 3,31, mittleren Jurakalk 4,12 u. s. w.

c) Es wird angenommen, daß die Härte des Materials im umgekehrten Verhältnisse zu der für die Längeneinheit — 1 km — und Verkehrseinheit — 100 Zugtiere — verbrauchten Materialmenge steht und hiernach die Wertziffer bemessen — eine in Frankreich übliche Methode.

Stellen γ und γ_1 die Wertziffern zweier Materialien dar, M und M_1 die für eine gleich lange Straßenstrecke für 1 km und 100 Zugtiere unter gleichen Beobachtungsverhältnissen jährlich aufgewendeten Materialmengen, so lautet mithin die Gleichung: $\gamma : \gamma_1 = M_1 : M$; $M_1 \gamma_1 = M\gamma$; für das härteste Material — Vogesenbasalt — liefert die praktische Erfahrung den Wert: $M = 15$; für γ wurde 20 angenommen, so daß sich

---

[1]) Vergleichs-Höchstwerte des Materialverbrauchs auf Steinschlagstraßen in cbm.

	Verkehrsklasse							Bemerkungen
	VII	VI	V	IV	III	II	I	
Dolerit	12	16	22	32	42	60	114	Auf Streckenklasse VII verkehren täglich weniger als 30 Zugtiere; auf VI 30—50; „ V 50—100; „ IV 100—250; „ III 250—500; „ II 500—1000; „ I mehr als 1000 Zugtiere.
Basalt	16	20	30	40	55	80	150	
Porphyr i. M.	20	25	35	50	65	95	180	
Diorit	20	25	35	50	65	95	180	
Syenit	20	25	35	50	65	95	180	
Gneis	20	25	35	50	70	100	190	
Granit i. M.	20	25	35	55	70	100	190	
Hornblende	20	25	35	55	70	100	190	
Klingstein	20	25	35	55	70	100	190	
Grauwacke	20	25	35	55	70	100	190	
Kalkstein i. M.	16	27	38	54	80	—	—	

ergab: $M\gamma = 15 . 20 = 300 . =$ Konst. Nach Messung und Berechnung der Verbrauchsmengen M auf den verschiedensten Straßen wurde dann die folgende Tabelle (Wert γ) berechnet, welche eine Gütebezeichnung der zur Verwendung gelangten Materialien bezw. der Straßen selbst darstellt.

M für 1 Jahr und 1 km sowie 100 Zugtiere pro Tag in cbm =	60	50	40	30	25	20	15
γ	5	6	7,5	10	12	15	20
Gütebezeichnung	schlecht	mittelmäßig	genügend	ziemlich gut	gut	sehr gut	vorzüglich

Überhaupt wird man die Feststellung des Wertes von Gesteinen als Schotter- oder Pflastersteinmaterial in erledigender Weise nur durch Anlage von Versuchsstraßen bewirken können, auf denen die verschiedensten Materialien unter sonst gleichen Bedingungen sowohl denselben als auch verschiedenen Stärken des Verkehrs unterworfen sind. Dieser, wie aus den voranstehenden Ausführungen erhellt, zuerst in Frankreich eingeschlagene Weg ist seitdem auch von anderen Verwaltungen — hervorgehoben seien Bayern und Württemberg, Baden und die Provinz Hannover — beschritten worden, jedoch noch nicht mit dem Erfolge, zur Ziehung allgemeiner Schlüsse zu berechtigen. Es ist jedoch in hohem Grade wünschenswert, daß durch weitere praktische Versuche nach einheitlichen Normen die Klärung der so wichtigen Frage herbeigeführt werde.

Weiter finden im Straßenbau von natürlichen Steinmaterialien die meist aus Granit, seltener aus weichem Gesteine — Sandstein — hergestellten Trottoirplatten und Bordsteine zur Befestigung und Begrenzung der Fußbahnen Verwendung. Die meist rechteckigen, oberflächlich roh gestockten, rechtwinklig bearbeiteten Trottoirplatten haben bei 80—125 cm Länge in der Regel eine normale Breite von 1 m und 10—15 cm Stärke; ihre Unterseite ist meist wenig bearbeitet. Bordsteine oder Saumschwellen pflegen bei 30 cm Höhe 7—18 cm Stärke zu besitzen; ihre Länge ist verschieden, jedoch meist unter 1,50 m. Erwähnenswert sind hier auch noch die zur Oberflächenbefestigung vielfach — im besonderen im Anschlusse an die Granitplatten — verwendeten Mosaiksteine, kleine unregelmäßige, vielfach aus weichem Gesteine hergestellte, oft nach Farben sortierte Steinchen von etwa 3 cm Länge und Breite. —

Im Eisenbahnbau findet, abgesehen von den steinernen Kunstbauten der Strecken und der zur Markierung verwendeten Steine, das natürliche Steinmaterial eine ausgedehnte Verwendung zur Gleisunterbettung. Die zahlreichen hier gemachten Erfahrungen stimmen darin überein, daß neben der Druckfestigkeit und Beständigkeit der Schottersteine es hier vorwiegend — soll das Gleis im Betriebe dauernd ruhig liegen — auf genaue Form und Größe der einzelnen Steine ankommt. Je gleichmäßiger die Korngröße ist, desto dichter lagert sich die Bettung, desto gleichmäßiger wird auch der Druck innerhalb dieser wie auf die Krone des Erdkörpers sich verteilen, desto geringer die Senkung des Gleises sein. Als allein zweckmäßig haben sich würfelförmige Steine mit scharfen Kanten und von etwa 4 cm Seiten- und 6 cm Diagonallänge ergeben; eine Nichtinnehaltung dieser Maße hat, wie die Erfahrung gezeigt, eine unruhige Lage des Gleises zur unvermeidlichen Folge.

Als bestes Material hat sich Schotter aus durchaus beständigem Hartgestein, weniger gut (wegen der Entwässerung) grober Kies bewährt; nicht unwichtig ist auch

die chemische Zusammensetzung des Gesteines, im besonderen der Mangel an Schwefelverbindungen, da deren Gegenwart zerstörend auf den eisernen Oberbau des Gleises einwirkt. —

Bezüglich der **Kosten**, welche die Verwendung natürlichen Steinmaterials im Gebiete der Ingenieurbauten bedingt, sei auf die einschlägigen Spezialwerke — im besonderen das Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften und das Werk von Osthoff: Kostenberechnungen für Bau-Ingenieure — verwiesen; ist doch fast eine jede Aufgabe des Ingenieurs an Sonderbedingungen gebunden, welche eine Verallgemeinerung auch der Kostenfrage ausschließen.

Literatur-Nachweisung.

Benutzte Abkürzungen: Mitt B. = Mitteilungen aus der Kgl. Mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin; Mitt. M. = Desgl. aus dem Mechanisch-technischen Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule zu München; Z. f. B. = Zeitschrift für Bauwesen; Z. d. B. = Zentralblatt der Bauverwaltung; D. B. = Deutsche Bauzeitung; H. Z. = Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, später Zeitschrift für Architektur und Ingenieur-Wesen; Ö. Z. = Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins; Bm. = Baumaterialienkunde; Z. d. V. d. I. = Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. Die seltener vorkommenden Zeitschriften sind mit dem vollen Namen angeführt.

I. Selbständige Werke und Zeitschriften.

A. Mineralogie und Geologie.

Aus der großen Anzahl hierher gehörender selbständiger Werke seien hervorgehoben:

1. G. Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie. Wien. A. Hölder. 1897. 5. Aufl.
2. R. Brauns, Mineralogie. Sammlung Göschen. Stuttgart 1898.
3. Naumann-Zirkel, Elemente der Mineralogie. Leipzig. W. Engelmann. 1897. 13. Aufl.
4. F. Zirkel, Lehrbuch der Petrographie. Zweite Auflage. Leipzig 1893. I., II. u. III. Bd. W. Engelmann.
5. H. Credner, Elemente der Geologie. Leipzig 1902. W. Engelmann.
6. B. Schwalbe, Grundriß der Mineralogie und Geologie. Braunschweig 1903. Fr. Vieweg u. Sohn.
7. F. Rinne, Gesteinskunde. Hannover 1901. Gebr. Jaenicke.
8. M. Schall, Rohstoffe aus dem Mineralreich Berlin. C. Heymann. 1902.
9. D. Brauns, Die technische Geologie. Halle. G. Schwetschke. 1878.
10. E. Kaiser, Lehrbuch der Geologie. I. u. II.
11. O. Hermann, Steinbruchindustrie und Steinbruchgeologie. Technische Geologie nebst praktischen Winken für die Verwertung von Gesteinen unter eingehender Berücksichtigung der Steinindustrie des Königreichs Sachsen. Berlin. Gebr. Borntträger. 1899.

B. Baumaterialienkunde.

Von selbständigen, sich allgemein mit dem Gebiete befassenden Werken und Zeitschriften seien genannt:

1. Böhme, Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876.
2. H. Hauenschild, Katechismus der Baumaterialien. Wien. Lehmann und Wentzel. I. Teil. 1879.
3. R. Gottgetreu, Physische und Chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. III. Aufl. Berlin 1879. J. Springer.
4. E. Dietrich, Die Baumaterialien der Steinstraßen. Berlin 1885. J. Bohne.
5. L. Tetmajer, Die Baumaterialien der Schweiz auf der Landes-Ausstellung 1883. Zürich. C. Schmidt.
6. B. Kosmann, Die Marmorarten des Deutschen Reiches. Berlin. L. Simion. 1888.
7. M. J. Demaret, Marbres en Belgiques et à l'Étranger. Brüssel 1887. Venve Monnon. Extrait des annales des Travaux publics. Tome XLIV.
8. R. Krüger, Die natürlichen Gesteine. Wien, Pest, Leipzig. A. Hartleben. 1889. I. u. II. Bd.

9. Koch, Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Berlin 1892. E. Töche.
10. R. Beier, Der Granit, seine Bestandteile, Gewinnung und Bearbeitung. Berlin 1891. A. Seydel.
11. O. Schmidt, Die Baumaterialien. Fulda u. Leipzig. J. J. Arnd. 1893. II. Aufl.
12. A. Knoch, Der Dachschiefer. Berlin. W. Ernst u. Sohn. 1895.
13. H. Schmidt, Die modernen Marmore und Alabaster. Leipzig. F. Deuticke. 1897.
14. H. Schmid, Die natürlichen Bau- und Dekorationssteine. Wien. C. Graeser. 1896.
15. Handbuch der Architektur I. 1. Die Technik der wichtigeren Baustoffe. Darmstadt 1895. Arnold Bergsträsser.
16. A. Janke, Lehrbuch der Baumaterialienkunde. Köln a. Rh., Paul Neubner.
17. H. Zahn, Baumaterialienlehre mit besonderer Berücksichtigung der badischen Baustoffe. Karlsruhe. J. Reiff. 1898.
18. W. Lange, Katechismus der Baustofflehre. Leipzig 1898. J. J. Weber.
19. G. Bornemann, Die Wetterbeständigkeit unserer Bauten. Vortrag. Leipzig 1896. Quandt und Händel.
20. H. Schubert, Kurzgefasstes Lehrbuch der Baumaterialienkunde. Leipzig. A. Schumann. 1897.
21. G. P. Merrill, Stones for Building and decoration. New-York. John Wiley u. Sons. 1897.
22. R. Krüger, Handbuch der Baustofflehre. Wien, Pest, Leipzig 1899. Bd. I.
23. E. Glinzer, Baustoffkunde. Dresden. G. Kühtmann. 1900. II. Aufl. 1903. III. Aufl.
24. W. Keim, Die Feuchtigkeit der Wohngebäude. Wien, Pest, Leipzig. Hartlebens Verlag. 1901.
25. Hanisch u. Schmid, Österreichs Steinbrüche. Wien 1901. Carl Graeser u. Cie.
26. Otto Lueger, Lexikon der gesamten Technik. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart.
27. Zeitschrift für Architektur und Ingenieur-Wesen. Heftausgabe. Zeitschriftenschau, Materialienlehre.
28. Baumaterialienkunde. Organ des internationalen Verbandes für die Material-Prüfungen der Technik. Herausgegeben von Prof. H. Gieseler in Stuttgart. Erscheint seit 1./VI. 1896.
29. Mitteilungen aus der Kgl. Mech.-Techn. Versuchsanstalt zu Berlin. Erscheint seit 1883.
30. Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung der Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum in Zürich. Erscheint seit 1884.
31. Mitteilungen aus dem mechanisch-techn. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule in München. Erscheint seit 1885.

II. Abhandlungen aus Zeitschriften und kleinere zusammenhängende Veröffentlichungen.

A. Eigenschaften und Prüfung der natürlichen Gesteine.

1. Moormann, Beitrag zur Entstehung der Gesteine. Z. d. B. 1902. S. 56.
2. M. Fiebelkorn, Die Einteilung der natürlichen Gesteine. Bm. III. 1898. S. 172.
3. Denkschrift über die Einrichtung von Prüfungs-Anstalten und Versuchs-Stationen von Baumaterialien, sowie über die Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation der letzteren. Herausgegeben durch den Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Berlin 1878.
4. Denkschrift: Beschlüsse der Konferenz zu München und Dresden über einheitliche Untersuchungs-Methoden von Baumaterialien, zusammengestellt im Auftrage der Dresdener Konferenz. München 1887. Ackermann.
5. Bauschinger, Beschlüsse der Konferenzen über einheitliche Untersuchungen bei der Prüfung der Bau- und Konstruktions-Materialien, zusammengestellt im Auftrage der Wiener Konferenz. 1893.
6. Lang, Über die Porosität einiger Baumaterialien. Zeitschrift für Biologie 1875. Nr. 313.
7. Lang, Über natürliche Ventilation und Porosität der Baumaterialien. Stuttgart 1877.
8. Böhme, Über das Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und dem spezifischen Gewichte von Bruchsteinen. D. B. 1882. S. 383.
9. M. Tourtay, Der Einfluß der Fugen auf die Bruchfestigkeit des Mauerwerks. Annales des ponts et chaussées 1885. II. S. 582.
10. M. Flamant, Bruchfestigkeit teilweise belasteter Steine. Annales des ponts et chaussés 1887. II. S. 230.
11. Reinhardt, Druckfestigkeit von Mauerwerkskörpern. Z. d. B. 1888, S. 535.
12. Bericht des Gewölbeausschusses des österr. Ing.- und Arch.-Vereins. Wien 1895. Vergl. Ö. Z. 1895. Nr. 20—24.
13. A. Martens, Über den Einfluß der Körperform auf die Ergebnisse von Druckversuchen. Mitt. B. 1896. S. 313.
14. C. Bach, Untersuchung von Granit in Bezug auf Festigkeit und Elastizität. Z. d. V. d. I. 1897, S. 241. Bm. I. 1896/97, S. 312—313.

15. C. Bach, Ermittelung der Zug- und Druckelastizität an dem gleichen Versuchskörper. Z. d. V. d. I. 1898, S. 35 u. f.; vergl. auch dieselbe Zeitschrift 1898 Zug- und Druckelastizität von Granit und Sandstein, sowie ebendaselbst 1900, S. 1169.
16. Beziehungen zwischen Festigkeit und Gefüge der Bausteine nach Untersuchungen v. Julien. Berichte des Franklin-Instituts. 1899, S. 257 u. 378.
17. Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften. Baumaschinen. III. Abt. 5. Lfrg. Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung, bearbeitet von M. Rudeloff. Wilhelm Engelmann. Leipzig 1889.
18. L. Werder, Maschine zum Prüfen der Materialien, ausgeführt von der Maschinenbau-A.-G. Nürnberg, vormals Klett u. Co. und Instrumente zum Messen der Gestaltsveränderung des Probekörpers, konstruiert v. J. Bauschinger, ausgeführt im mech.-techn. Laboratorium der Techn. Hochschule zu München. München 1882.
19. Werdersche Maschine. Glasers Annalen f. Gewerbe- und Bauwesen. Bd. 10, S. 13. Desgl. Prakt. Masch.-Konstr. 1883, S. 237, 245. Desgl. Skizzenbuch f. Ing. u. Masch. 1884, Bl. 3 u. 4.
20. Über neuere Prüfungsmaschinen. Polyt. Journal. Bd. 245, S. 16. Desgl. Bd. 246, S. 316. Desgl. Z. d. V. d. I. 1882, S. 545.
21. A. Martens, Über neuere Festigkeitsprüfungsmaschinen. Z. d. V. d. I. 1886, S. 171.
22. Devalscher Apparat zur Bestimmung der Zähigkeit von Schotter. Annales des ponts des chaussées 1879.
23. Bauschingers Abschleifapparat. Vergl. u. a. Mitt. M. Heft IV. 1884.
24. Siebeneichers Stoßapparat. Vergl. u. a. D. B. 1897, S. 290.
25. Automatische und Autographische Prüfungsmaschine von Tinius Olsen u. Co. in Philadelphia, angewandt in der dänischen Staats-Prüfungs-Anstalt in Kopenhagen. Bm. I. 1896/97, S. 391.
26. Die Materialprüfungsmaschine der Universität in Cardiff. Engeneering 1. Juli 1898, S. 7.
27. Neue Prüfungsmaschinen. Tonindustrie-Ztg. vom 10. März 1900, S. 370 u. f. Beschreibung einiger Prüfungsmaschinen der Bauart „J. Amsler-Lasson u. Sohn“ in Schaffhausen.
28. A. Martens, Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau. I. Teil: Material-Prüfungswesen, Probiermaschinen und Meßinstrumente. Berlin. Julius Springer. 1898.
29. A. Rudeloff, Neuere Material-Prüfungsmaschinen. Z. d. V. d. I. 1891, S. 1370. Desgl. Glasers Annalen für Gewerbe- u. Bauwesen. Bd. 33, S. 10.
30. L. Tetmajer, Methoden und Resultate der Prüfung natürlicher und künstlicher Bausteine. Zürich. Meyer u. Zeller. III. Aufl. 1900.
31. Bauschinger, Heft 6, 11, 12, 14, 18 und 19 der Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium der Techn. Hochschule zu München, enthalten Untersuchung der natürlichen Gesteine in Bezug auf Festigkeit, Elastizität, Druckfestigkeit bei nur teilweiser Belastung, Frostbeständigkeit und Abnutzung.
32. Einheitliche Methoden zur Prüfung von Bau- und Konstruktions-Materialien. D. B. 1884, S. 475, 487, 497, 519, 528 u. 564. Desgl. Zivilingenieur 1887, S. 395.
33. A. Martens, Über die Ausführung von Festigkeitsversuchen. Mitt. B. 1893, S. 27.
34. Die Prüfung der natürlichen Gesteine nach dem in der Kgl. Mechan.-Techn. Versuchsanstalt zu Berlin gebräuchlichen Verfahren. Z. d. B. 1899, S. 278.
35. A. Leppla, Die Prüfung der natürlichen Bausteine. Bm. IV. 1899, S. 40.
36. Abnutzbarkeit der Pflastersteine (Prüfungsmethoden). Tonindustrie-Ztg. 1900, S. 1199.
37. J. Block, Über wissenschaftliche Wertbestimmung der Baumaterialien und ihre Verwertung zu Bauten und hervorragenden deutschen Kunstwerken. Bm. 1902, S. 412—416.
38. A. Rosival, Untersuchungen über die Härte von Gesteinen und Mineralien. Abhandlung der k. k. geologischen Reichanstalt 1896, S. 475 u. folg. Desgl. 1898, S. 143 über geometrische Gesteinsanalysen.
39. Zur technischen Untersuchung von Steinbaumaterialien. Bm. 1899, S. 228 (besprochen werden die Rosivalschen Arbeiten).
40. G. P. Merril, On the testing of building stone. American architekt. Bd. 25. S. 75.
41. M. Gary, Die Vorschläge für die Prüfung natürlicher Bausteine in Frankreich. Mitt. B. 1901, S. 127.
42. Untersuchungen der natürlichen Gesteine. Mitt. B. 1883, S. 120, 134, 136, 146, 151. Desgl. 1885, S. 33, 119, 124. Desgl. 1889, Ergänzungsheft II.
43. M. Gary, Die natürlichen Bausteine Deutschlands in Bezug auf ihre Festigkeit. Z. d. B. 1890. S. 53.
44. M. Gary, Prüfung natürlicher Gesteine. Mitt. B. 1897, S. 46 (nebst Einteilung der Gesteine an der Versuchsanstalt).
45. M. Gary, Prüfung natürlicher Gesteine in den Jahren 1895—98. Mitt. B. 1898, S. 243.

46. M. Gary, Gesteinsuntersuchungen. Mitt.-B. 1900—01, S. 24.
47. Die Prüfung der natürlichen Bausteine. Bm. 1900, S. 9—13, 47—48, 54—56, 169—171. Diskussion zwischen den Herren O. Herrmann, Leppla, A. Martens über die Zweckmäßigkeit einer petrographischen Prüfung der Baugesteine.
48. A. Hanisch, Bestimmung der Biegungs-, Zug-, Druck- und Scherfestigkeit an Bausteinen der österr.-ungar. Monarchie. Carl Graeser u. Co. Wien 1901. Derselbe im gleichen Verlage: Frostversuche mit Bausteinen der österr.-ungar. Monarchie. 1895. Desgl. Resultate der Untersuchung mit Bausteinen der österr.-ungar. Monarchie. 1892.
49. A. Hanisch, Prüfung natürlicher Steine. Bm. II. 1897/98, S. 241.
50. L. Debo, Der Einfluß der Temperatur und Nässe auf Steine und Mörtel. Hannover 1897. Schmorl und Seefeld.
51. A. Blümcke, Über die Bestimmung der Frostbeständigkeit von Materialien. Z. d. B. 1885, S. 379. Derselbe über das gleiche Gebiet. Z. f. B. 1887, S. 103 und S. 479; sowie Z. d. B. 1891, S. 359.
52. H. Seipp, Die Wetterbeständigkeit der natürlichen Bausteine und die Wetterbeständigkeitsprobe mit besonderer Berücksichtigung des Dachschiefers. Jena. H. Costenoble.
53. M. Gary, Zur Frage der Frostbeständigkeit der Bausteine. Z. d. B. 1887, S. 371—373.
54. Über Frostversuche mit natürlichen Steinen. Z. d. B. 1890, S. 290, 319, 340.
55. N. Belebubsky, Instruktion für die Prüfung der Bausteine auf Frostbeständigkeit. Riga 1893.
56. Untersuchung der Wetterbeständigkeit der Bausteine. Bm. 1897/98, S. 291.
57. Resultate der Versuche, welche für das Landesdirektorium der Prov. Hannover mit Gesteinen aus Hannöverschen Brüchen unternommen wurden. H. Z. 1883, S. 136.
58. J. A. van der Kloes, Abnutzungsproben mit Gesteinen. Bm. 1901, S. 10 u. 40.
59. Böhme, Untersuchungen des Schiefers. Mitt. B. 1884, S. 106.
60. M. Rudeloff, Untersuchungen von Kies und Steinschlag zur Beurteilung ihres Wertes als Stopfmaterial für den Eisenbahnoberbau. Mitt. B. 1897, S. 279.
61. M. Gary, Traßprüfung. Mitt. B. 1896, S. 198.
62. M. Gary, Prüfung von Trottoirplatten auf Haftvermögen. Mitt. 1898, S. 117.
63. H. Hauenschild, Untersuchungen von Schleifsteinen, Schleif- und Poliermitteln. Mitt. des technol. Gewerbemuseums zu Wien. 1880, Nr. 1, 2, 3.
64. Mitteilungen über die Wegebaumaterialien der Provinz Hannover. Hannover 1884.
65. Über die Wertbestimmung des Dachschiefers. Schweizer Wochenblatt für Pharmacie. 1898, Nr. 10.
66. Böhme, Granit, Syenit, Porphyr. Mitt. B. 1885, S. 23.
67. H. Wolffram, Mitteilungen über Tuffstein, Traß und einige andere Baumaterialien der vulkanischen Eifel. Diez u. Lahn 1885.
68. A. Lepsius, Griechische Marmorstudien, Berlin 1890. G. Reimer.
69. Untersuchung des Kiefernfeldner Marmors vom Untersberg. Bm. 1890, S. 94.
70. Böhme, Untersuchung der Sandsteine aus Cudowa. Mitt. B. 1890, S. 100.

B. Die Bearbeitung und Verwendung der natürlichen Gesteine.

(Vergl. hierzu auch die unter I B aufgeführten Werke und Zeitschriften.)

1. Handbuch der Ing.-Wissenschaften, Baumaschinen. III. Abt. 1. Lfrg. Gewinnung und Bearbeitung von Bausteinen von J. Polak. Leipzig 1887. Wilhelm Engelmann.
2. W. F. Exner, Die technischen Hilfsmittel des Steinbildhauers. Wien 1877.
3. Theodor Schwartze, Die Steinbearbeitungsmaschinen. Leipzig 1885.
4. Derselbe. Die Steinbearbeitung und ihre neuesten Fortschritte. Berlin. A. Seydel. 1898.
5. Dittmersche Steinschälmaschine. Deutscher Steinbildhauer. 1892, Nr. 10 u. 20.
6. Wenzelsche Kopiermaschine. Deutscher Steinbildhauer. 1893. S. 1 u. 471.
7. Maschinen zur Bearbeitung von Steinen. Prakt. Maschinen-Konstr. 1887, S. 17.
8. Beiersche Steinbearbeitungs-Maschine mit schwingender Welle und kreisrunden Messern. Deutscher Steinbildhauer. 1892, S. 341.
9. Über Steinbearbeitung mittelst Diamanten. Verhandlungen des Vereins für Gewerbefleis in Preußen. 1893. Vergl. auch hierzu Polyt. Journal. Bd. 281, S. 121 u. Bd. 282, S. 194.
10. Gérardsche Bandsäge. Deutscher Steinbildhauer. 1893, Nr. 4.
11. Kreuzersche Steinspaltmaschine. Bm. VI. 1901, S. 27.
12. Emil Offenbacher, Gesamt-Katalog über Maschinen und Materialien für Steinbearbeitung. Markt-Redwitz, gibt über die neuesten Maschinen Auskunft.

13. H. Hauenschild, Die Kesslerschen Fluate. Berlin. 1892. Vergl. hierzu ferner: Baugewerks-Ztg. 1892, S. 856; Z. d. B. 1893, S. 173; Gewerbebl. aus Württemberg 1893, Nr. 25 und 1894, Nr. 26; Zeitschr. für angew. Chemie 1893, Heft 17
14. E. Glinzer, Die Konservierung natürlicher Steine. D. B. 1894, S. 175.
15. H. Hauenschild, Die Kesslerschen Fluate. Berlin. 1895. II. Aufl.
16. Fr. Hauenschild, Beobachtungen über die Verwitterungserscheinungen des Marmors und Mittel zur Verhütung derselben. Bm. I. 1896/97, S. 45.
17. Testalin, Mitteilungen der Firma Hartmann u. Hauers, Hannover. Fabrik chemischer Produkte.
18. Baukunde des Architekten (Deutsches Bauhandbuch). Herausg. v. d. Deutschen Bauzeitung. V. Aufl. I. 1. Berlin 1903. Kapitel: I. Maurerarbeiten. II. Eindeckung der Dächer. VI. Baumaterialien und Baukonstruktionen, insbesondere nach ihren gesundheitlichen Eigenschaften behandelt.
19. Engel, Die Bauausführung. Berlin. 1881.
20. L. Debo, Mauerwerk-Konstruktionen. Gebr. Jaenecke. Hannover. 1901.
21. C. A. Menzel, Der Steinbau. Leipzig. J. J. Arnd. 1879. Derselbe, Die Baumaterialien des Maurers. Leipzig. J. J. Arnd. 1893. II. Aufl.
22. A. Ehrenfeld, Neue Verwendungsarten des Asbest als Baumaterial. Ö. Z. 1899, S. 189 u. f.
23. F. Schafarzik, Über die Steinindustrie Schwedens und Norwegens. Jahresbericht der Kgl. Ung. geologischen Anstalt für 1891, S. 194—225. Budapest. 1893.
24. Natürliche Baumaterialien des norddeutschen Flachlandes. Bm. I. 1896/97, S. 187—188, 213—215.
25. Verwendung vulkanischer Gesteine im Kreise Mayen. H. Z. 1900, S. 138. D. B. 1899, S. 297.
26. R. Neumann, Baustoffe in Thüringen. Z. f. B. 1900, S. 39.
27. F. Loewe, Straßenbaukunde. Wiesbaden 1895. Kreidels Verlag.
28. Versuche mit Straßenbaumaterialien seitens der Württembergischen Verwaltung. Vergl. Verwaltungsbericht der Kgl. Min.-Abt. für Straßen- u. Wasserbau, I. Abt. 1892.
29. Nessenius, Die Entwickelung des Kleinpflasters. D. B. 1897, S. 501.
30. Pflastersteine der Berliner Stadt-Verwaltung. D. B. 1902, S. 450.
31. v. Willmann, Straßenbau. Im Handb. d. Ing.-Wiss. I. 4. 1.
32. G. Tolkmitt, Bauaufsicht und Bauführung. Berlin. Wilhelm Ernst u. Sohn. 1899.
33. H. Koch, Die Bauführung mit Einschluß der Kostenberechnung. Handb. d. Architektur. I. S. 5. Stuttgart 1901. Arn. Bergsträsser.
34. L. Oppermann, Allgemeine und technische Bedingungen bei Ingenieur-Bauten. Leipzig. 1896. II. Aufl. Wilhelm Engelmann.
35. Osthoff, Kostenberechnungen für Bauingenieure. IV. Aufl. Leipzig. J. J. Arndt. 1897.
36. C. Schwatlo, Kostenberechnungen für Hochbauten. 13. Aufl. Leipzig. J. J. Arnd. 1903.

Druckfehler:

Seite 51 Zeile 28 von oben bei 1. Rochlitz lies: K = 200 kg/qcm, nicht 2000.

Sachverzeichnis.

(Nach dem Alphabet geordnet, die Ziffern bedeuten die zugehörenden Seitenzahlen.)

Abbau der Gesteine 67—69.
— im Tagebau 67—69.
— unterirdisch 69.
Accessorische Gemengteile 2.
Alabaster 48.
Albit 3.
Alkalifelsspate 3.
Alpenkalk 41.
Amphibol 5.
Amphibolit 37, 38.
Amphibolschiefer 37, 38.
Andesin 3.
Andesit 32, 33.
Anhydrit 47, 48.
Anorthit 3.
Aplit 18.
Arbeitshärte 92.
Aufbänken der Steine 70.
Augit 5.
Augitgrünstein 28.
Augitsyenit 22.
Augitsyenitporphyr 27.
Augittrachyt 32.

Bandsäge 74.
Basalt 33—35.
Basaltlava 35.
Basalttuff 52.
Bauschinger, Druckversuche und abgeleitete Gesetze 81.
Bearbeitung der Gesteine 70—78.
— von Hand aus 70—73.
— durch Maschinen 73—77.
— Fertigstellung 77—78.
Beanspruchung, zulässige 84.
Belgischer Granit 21.
Bestandteile, accessorische 2.
— wesentliche 2.
Bimsstein 32.
Bimssteintuff 52.
Biotit 6.
Biotitgneis 35.
Biotitgranit 18.
Biotitporphyr 27.
Biotitsyenit 22.
Bituminöse Sandsteine 58.
— Tone 65.
Bossieren 70.
Bossierhammer 70.
Brauneisenstein 49.
Breccien 10, 12, 50, 51.
— Marmor 43—46.
Brechwerkzeuge 67—68.
Breithauptsche Härteskala 3.
Bruchfeuchtigkeit 13.
Bruchsteine 96—97.
Bruchzoll 70.
Brückenbau, Verwendung der Steine im 101—103.

Carborund 74.
Carborundsägen 74, 75.
Chamotteton 65.
Chlorit 7.
Chloritschiefer 37.

Dachschiefer 53—54.
— Arten 54.
— Prüfung 53, 93—94.
Dammerde 66—67.
Dauerhaftigkeit 15.
— Prüfung auf 87—90.
Dehnungsmaß 80.

Dekorationsstein 98.
Diabas 28.
Diabastuff 51.
Diallag 6.
Diamantsägen 74.
Dichtigkeit der Gesteine 10, 86, 87.
Dichte Struktur 12.
Diorit 27.
Dolerit 34.
Doleritlava 35.
Dolomit 7, 46—47.
— Arten 46—47.
— dichter 47.
Dolomitmergel 66.
Drehbänke 75.
Druckprobe 81—83.
Druckversuche an Mauerwerkskörpern 102.
Druckversuche bei Steingelenken 102, 103.
Druckversuche von Bauschinger u. s. w. 82.
Duckstein (Traß) 52.

Einteilung der Gesteine 8, 9. Vergl. auch die Anmerkung daselbst.
Eisenbahnbau, Verwendung der Gesteine im 108.
Eisengesteine 49—50.
Eisenkies 7.
Eisenschüssige Sandsteine 57.
— Tone 65.
Eisenspat 49.
Eklogit 38.
Elaeolith 5.
— Syenit 22.
Elastizitätszahlen der natürlichen Gesteine 80.
Erhaltung, künstliche, der Gesteine 90.
Erstarrungsgesteine 8.

Farbe der Gesteine 14.
Feldspatähnliche Mineralien 5.
Feldspate 3, 4.
Feldsteine, Verwendung der 95—96.
Feldsteinporphyr 25.
Felsitporphyr 24.
Felsittuff 51.
Festigkeitsverhältnisse 15, 79—82.
Festigkeitsprüfung, allgemeine 79—82.
— Biegungsfestigkeit 83—84.
— Druckfestigkeit 81—83.
— Scherfestigkeit 84.
— Zugfestigkeit 83—84.
Feuerbeständige Tone 65.
Feuerbeständigkeit, Prüfung der 93.
Feuerstein 48.
Flachhammer 71.
Flint 48.
Fluate 90.
Fräsmaschinen 75.
Frische des Gesteines 88—89.
Frostprüfung 87—88.

Gabbro 29.
Gartenerde 66—67.
Gattersägen 74.
Gesteinsübergänge 17.
Gewicht, spez. 10, 11.
Gewinnung der Gesteine 67—69.
Gips 47, 48.
Glaukonit 6.
Glaukonitische Sandsteine 57.
Glimmer 6.
— Kali-6.
— Magnesia-6.
Glimmergranulit 36.
Glimmerhaltiger Ton 65.
Glimmerquarzporphyr 25.
Glimmersyenit 22.
Glimmerschiefer 36.
Glimmerton 37.
Glimmertrachyt 32.
Gneis 35—36.
Granit 17—22.
— Arten 18.
— belgischer 21.
— deutscher 20—21.
— grüner 21.
— schwarzer schwedischer 21.
Granitell 18.
Granitit 18.
Granitporphyr 26.
Granulit 36.
Grauwacke 63—64.
Grauwackenkalkstein 39, 40.
Grauwackenschiefer 64.
Greisen 18.
Griffelschiefer 54.
Grobkalk 42.
Grünsteine 27—29.
Grünsteintuff 51.

Halbgranit 18.
Handfeustel 70.
Handsäge 73—74.
Härtebestimmung 2, 3, 91.
Härteskala 2, 3.
Hauptbaustoffe 1.
Hausteine 97—99.
Hauyn 5.
Hilfsbaustoffe 1.
Hobelmaschinen 75.
Hochbau, Verwendung der natürlichen Steine im 95—100.
Holzklöppel 70.
Hornblende 5.
Hornblendebiotitgranit 18.
Hornblendefels 22, 37, 38.
Hornblendegranit 18.
Hornblendegranulit 36.
Hornblendegrünstein 27.

Hornblendeporphyr 25.
Hornblendeschiefer 22, 37, 38.
Hornblendesyenitporphyr 27.
Hornblendetrachyt 32.
Hornstein 48.
Hypersthen 6.

Ingenieurbau, Verwendung der natürlichen Steine im 100—109.
Jurakalkstein 41.

Kaliglimmer 6.
Kalkfeldspat 3.
Kalknatronfeldspat 3.
Kalkspat 7.
Kalksinter 42.
Kalkige Sandsteine 56—57.
Kalkmergel 66.
Kalkstein 39—46.
Kalktuff 42.
Kaolin 64.
Kaolinhaltige Sandsteine 56—57.
Keilhacke 67.
Keilspaltarbeit 67—68.
Kesslersche Fluate 90.
Kieselgesteine 48—49.
Kieselgur 49.
Kieselkalkstein 42.
Kieselige Sandsteine 56.
Kieselschiefer 48.
Kiesprüfung 94—95.
Klastische Gesteine 8, 10.
Klimatische Einwirkungen 16.
Klingstein 33.
Kohleneisenstein 50.
Kohlenkalkstein 40.
Konglomerate 10, 12, 50, 51.
Konglomeratische Struktur 12.
Kompakte Gesteine 12.
Kontaktwirkungen 17.
Körnige Struktur 12.
Kraushammer 71.
Kreide 41.
Kreissägen 74—75.
Kriptokristallinisch 12.
Kristallinische Sedimentgesteine 8, 10.
— Schiefer 8, 9.
Kröneleisen 71.
Künstliche Erhaltung der Gesteine 90.

Labradorit 3.
Labradorite 4.
Lava 35.
Lehm 65.
Leucit 5.
Leucitbasalt 33.
Leucitbasanit 33.
Leucitdolerit 34.
Leucitphonolithtuff 52.
Leucittephrit 33.
Liaskalk 40.
Literatur-Nachweisung 109—113.
Loefs 65.

Magneteisenstein 49.
Magnesiaglimmer 6.
Makrokristallinisch 12.
Mandelsteinstruktur 12.
Marienglas 48.
Marmorarten 43—46.
Mauerfraß 43.
Massige Erstarrungsgesteine 8, 9.
Meißel 70.
Melaphyr 30.
Melilith 5.
Mergel 65—66.
Mergelschiefer 66.
Mergelsandstein 57.
Mikrokristallinisch 12.
Mikrolin 3.
Mineralien, allgemeines über 2, 3.
Mohssche Härteskala 2, 3.
Monzonit 22.
Muschelkalk 40.
Muscovit 6.
Muscovitgneis 35.
Mühlsteinporphyr 25.

Nagelfluh 50.
Natronfeldspat 3.
Natronkalkfeldspat 3.
Nephelin 5.
— basalt 33.
— basanit 33.
— dolerit 34.
— tephrit 33.
Nosean 5.

Obsidian 31.
Oligoklas 3.
Olivin 7.
Omphacit 6.
Omphacitfels 38.
Oolithische Kalke 40, 41.
Oolithische Struktur 12.
Orthoklas 3.

Pechstein 31.
Peridotite 31.
Pfeifenton 65.
Pfeilermauerwerk 103, 104.
Pflanzenwuchs auf Steinen 16.
Phonolith 33.
Phyllit 37.
Picke 71.
Plagioklas 3.
Planparallelstruktur 12.

Plänerkalk 42.
Plattendolomit 47.
Plattensteine 98.
Polieren der Gesteine 71—73.
Polierfähigkeit 14.
Poliermaschinen 76.
Poliermittel 72.
Porosität 12, 13.
Porositätsprüfung 85—87.
Porphyr 24—26.
— Granit- 26.
— Quarz- 24—25.
— Syenit- 27—28.
Porphyrit 28.
Porphyr-Struktur 12.
Porphyrsyenit 22.
Porphyrtuff 51.
Posilipptuff 53.
Posten 70.
Prüfung der Gesteine im allgemeinen 78, 79.
— auf Abnutzbarkeit 91—92.
—en besondere 93—95.
— der Dachschiefer 53, 93, 94.
— auf Festigkeit 79—84.
— auf Frische 88—89.
— auf Frost- und Wetterbeständigkeit 87—90.
— auf Porosität 85—87.
— auf Wasseraufnahme 85.
Protogingneis 35.
Protogingranit 18.
Pyrit 7.
Pyroxen 5.
Pyroxengesteine 31.
Pyroxenquarzporphyr 25.
Pyroxensyenit 22.
Putzfluat 90.
Puzzolanerde 53.

Quader 97—99.
Quarz 2.
Quarzfels 48.
Quarzführende Trachyte (Rhyolithe) 31.
Quarzgerölle 66.
Quarzguß 66.
Quarzige Sandsteine 56.
Quarzporphyr 24.
Quarzschiefer 48.
Quarzsand 66.

Raseneisenerz 49.
Rhyolithe 31.
Rhyolithische Gläser 31.
Richtungslose Struktur 12.
Rogensteine 40, 41.
Roteisenstein 49.
Roter Porphyr 24.
Rustika Mauerwerk 71.

Sandstein 55—63.
— Arten 56—57.
Sandsteine, deutsche wichtigere 58—63.
Sandsteinstruktur 12.
Santorinerde 53.
Scharriereisen 71.
Schieferplatten 98—99.
Schieferletten 54.
Schieferstruktur 12.
Schieferton 54.
Schlageisen 70.
Schlägel 70.
Schlammstruktur 12.
Schleifen 71—72.
Schleifmaschinen 76.
Schleifmittel 72.
Schrämarbeit 68.
Schuppige Struktur 12.
Schwarze schwedische Granite 21.
Schwefelkies 7.
Serpentin 38.
Spateisenstein 49.
Speckstein 7.
Spez. Gewicht 10, 11.
Spitzeisen 70.
Spitzhacke 67.
Sprengarbeit 68—69.
Steinbearbeitung 70—78.
Steinbrechmaschine 67.
Steinschälmaschinen 75.
Steinschlag 105—108.
— Prüfung 94—95.
Steinbearbeitungskosten 99—100.
Steingewinnungskosten 99.
Steinpflaster 104—105.
Steinplatten 72.
Steinsägen 73—75.
Stockhammer 71.
Straßenbau, Verwendung der natürlichen Gesteine im 104—108.
Strich 14.
Struktur 12, 13.
Süßwasserquarz 48.
Syenit 22—24.
Syenitgranit 18, 22.
Syenitporphyr 22.

Tafelschiefer 54.
Tagebau 67—69.
Talk 7.
Talkschiefer 37.
Temperatureinwirkungen 14—16.
Terrassenbau 67.
Testalin 90.
Ton 64, 65.
Toneisenstein 50.
Tonglimmer 37.
Tonige Sandsteine 57.

Tonmergel 66.
Tonporphyr 25.
Tonschiefer 53—54.
Tonsteinporphyr 25.
Töpferton 65.
Trachyt 32—33.
Trachyttuff 51.
Traß (Tuffstein, Duckstein) 52.
Treppenstufen 98.
Trümmerstruktur 12.
Tuffe 51—53.
Turmalin 18.
Turmalingranit 18.

Unterhölungsarbeit 68.
Unterirdischer Abbau 69.
Urgebirge 9.
Urtonschiefer 37.

Verbindungsbaustoffe 1.
Verwendungsart und -Stelle 16.
Verwendung der natürlichen Steine im Hochbau 95—100.
Verwendung der natürlichen Steine im Ingenieurbau 100—109.
Verwitterung 15, 88, 89.

Wasseraufnahme, Prüfung auf 85—87.
Wasserbau, Verwendung der natürlichen Steine im- 100—101.
Wärmeleitung der Gesteine 13.
Wellendolomit 47.
Werksteine 97—99.
Wertziffer der Steinschlagmaterialien 106—108.
Wesentliche Bestandteile 2.
Wetzschiefer 54.

Zahnmeißel 70.
Zähigkeitsprüfung 91—92.
Zechstein 60.
Zeichenschiefer 54.
Zirkontyenit 22.
Zufällige Bestandteile 2.
Zulässige Beanspruchung 84.
Zweiglimmergranit 18.
Zweispitz 70.

Werkzeuge zur Steingewinnung und Steinbearbeitung.

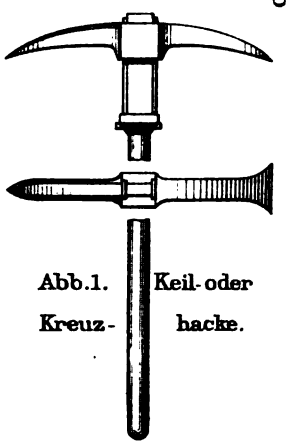


Abb. 1. Keil- oder Kreuzhacke.

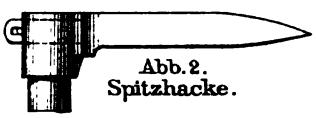


Abb. 2. Spitzhacke.

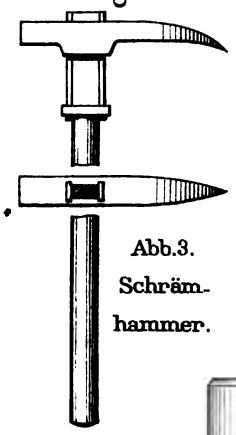
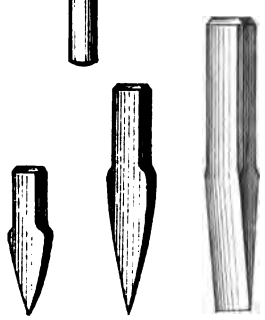


Abb. 3. Schrämhammer.



a. b. c.

Abb. 5. Spaltkeile.

Abb. 4. Brechstange. (Schrämspies)

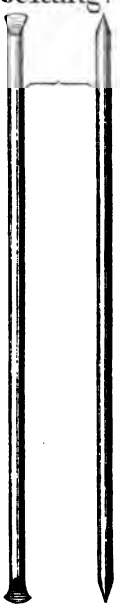


Abb. 9. Stofsbohrer.

Abb. 23. Spalteisen.

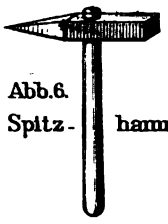


Abb. 6. Spitzhammer.

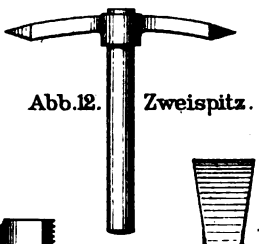
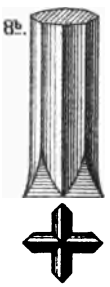


Abb. 12. Zweispitz.

Abb. 8a u. 8b. Flach- und Kreuzmeifsel.

8a.



8b.

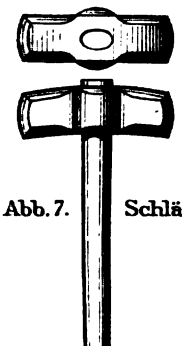


Abb. 7. Schlägel.

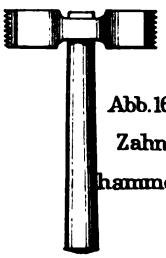


Abb. 16. Zahnhammer.

Abb. 13. Schlageisen.

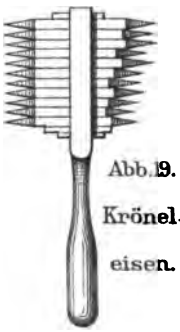


Abb. 19. Kröneleisen.

Abb. 14. Klöpfel.

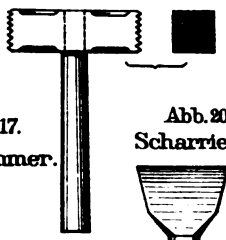
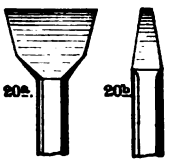


Abb. 17. Stockhammer.

Abb. 20a u. 20b. Scharriereisen.



20a. 20b.

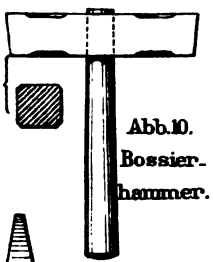


Abb. 10. Bossierhammer.

Abb. 11. Spitzeisen.

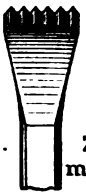


Abb. 15. Zahnmeifsel.

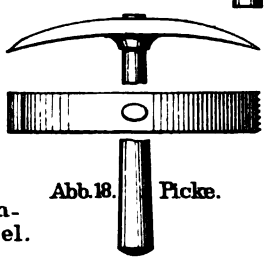


Abb. 18. Picke.

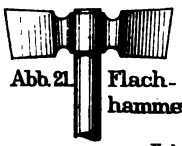


Abb. 21. Flachhammer.

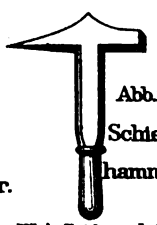


Abb. 22. Schieferhammer.

Lith. Anst. v. F. Wirth, Darmstadt. Verlag v. Wilhelm Engelmann, Leipzig.

LEHRBUCH

DER

BAUMATERIALIENKUNDE

ZUM GEBRAUCHE AN

TECHNISCHEN HOCHSCHULEN UND ZUM SELBSTSTUDIUM

VON

MAX FOERSTER

ORD. PROFESSOR FÜR BAUINGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

HEFT II — 1. LIEFERUNG

DIE KÜNSTLICHEN STEINE

ERSTER TEIL

MIT 47 ABBILDUNGEN IM TEXT

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1905

Alle Rechte, besonders das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Vorwort.

Das Sonder-Gebiet der Baumaterialienlehre: „Die künstlichen Steine“ ist so weit verzweigt und verwickelt, daß der Verfasser, um einen neuen Abschnitt des Lehrbuches der Baumaterialienkunde seinen Fachgenossen übergeben zu können, sich genötigt gesehen hat, das zweite Heft im Einverständnisse mit dem Herrn Verleger in zwei Lieferungen herauszugeben. Die erste behandelt alle künstlichen Steine und die diesem Gebiete nahestehenden Baustoffe mit Ausnahme der Ziegelsteine und Tonwaren, welche in ausführlicher Weise in der zweiten Lieferung zur Behandlung gelangen sollen. Es steht zu erwarten, daß die zweite Lieferung von Heft II im Juli 1905 fertig vorliegen wird.

Der jetzt erscheinende Teil ist für sich vollkommen abgegrenzt und behandelt ein in sich selbst abgeschlossenes Wissensgebiet; deshalb ist ihm auch eine ausführliche Literatur-Nachweisung beigegeben.

Ein für beide Lieferungen von Heft II gemeinsames Inhalts- und alphabetisches Sachverzeichnis wird mit der zweiten zur Ausgabe gelangen.

Dresden im Januar 1905.

M. Foerster.

Wegen der bei den nachfolgenden Literaturangaben benutzten Abkürzungen vergl. die Zusammenstellung auf Seite 241 (123).

Die rechtsstehenden Seitenzahlen beziehen sich auf das gesamte Lehrbuch, die linksstehenden nur auf den vorliegenden Teil desselben.

Inhalts-Verzeichnis.

Teil II. Die künstlichen Steine.	Seite
Kapitel I. Die künstlichen Steine im allgemeinen und ihre Prüfung	119—132
§ 1. Die Arten der künstlichen Steine und ihre Herstellung im allgemeinen	119—122
§ 2. Die Prüfung der Kunststeine	122—132
Kapitel II. Kunststeine als Nachahmungen bestimmter Naturgesteine	132—140
§ 3. Kunstsandsteine und Kunstkalksteine mit kalkigem Bindemittel	132—135
§ 4. Künstliche Sand- und Kalksteine mit siliciumhaltigem Bindemittel	135—137
§ 5. Kunststeine aus Abfällen natürlicher Steine, hergestellt ohne Verwendung von zementartigen Bindemitteln	137—140
Kapitel III. Kalksandsteine	140—161
§ 6. Die Kalksandsteine im allgemeinen	140—141
§ 7. Theoretische Erörterungen über die Entstehung der Kalksandsteine	141—142
§ 8. Die Rohmaterialien zur Herstellung der Kalksandsteine	143—145
§ 9. Die Herstellung der Kalksandsteine	145—150
§ 10. Die Erhärtung der Kalksandsteine	150—151
§ 11. Das Färben der Kalksandsteine	151—153
§ 12. Die wichtigsten Eigenschaften der Kalksandsteine	153—155
§ 13. Besondere Kalksandsteinarten und verwandte Kunststeine	155—157
§ 14. Die Prüfung der Kalksandsteine	157—161
Kapitel IV. Kunststeine unter Verwendung von Portland-Zement als Bindemittel	162—176
§ 15. Zement-Kunststeine im allgemeinen	162—165
§ 16. Die Anwendungsgebiete des Zementkunststeines und seine verschiedenen Arten	165—172
§ 17. Besondere Arten der Zementkunststeine	173—175
Kapitel V. Kunststeine mit Hilfe gebrannten Gipses hergestellt	176—189
§ 18. Das Rohmaterial	176—177
§ 19. Künstliche Bausteine aus Gips	177—180
§ 20. Kunst-Marmor	180—183
§ 21. Gipsdielen, Gipsplatten und Gipsbretter	183—189
Kapitel VI. Schwemmsteine und Kunst-Tuffsteine	189—194
§ 22. Die rheinischen Schwemmsteine	189—191
§ 23. Besondere Arten von Schwemmsteinen	191—192
§ 24. Kunsttuffsteine	192—194
Kapitel VII. Schlackensteine und verwandte Kunststeine	194—201
§ 25. Schlackenziegel	194—197
§ 26. Besondere Arten von Schlackenziegeln und diesen verwandte Kunststeine	197—199
§ 27. Gegossene Schlackensteine	199—201
Kapitel VIII. Magnesia-Kunststeine	201—211
§ 28. Magnesiumhaltige Bindemittel	201—202
§ 29. Magnesium-Kunststeine	202—205
§ 30. Magnesitbauplatten	206—208
§ 31. Xylolith, Torgament, Papyrolith und verwandte Baustoffe	208—211
Kapitel IX. Korksteine und Korkplatten	212—224
§ 32. Das Rohmaterial und die Herstellung der Korksteine und Korkplatten	212—214
§ 33. Die wichtigeren Eigenschaften des Korksteines	214—221
§ 34. Besondere Abarten von Korksteinen	221—222
§ 35. Die Prüfung des Korksteinmaterials	222—224
Kapitel X. Künstliche Steine aus Asphalt	224—227
§ 36. Asphaltsteine und Asphaltplatten	224—227
Kapitel XI. Kunststeine aus Glas	228—234
§ 37. Glasbausteine	228—234
Kapitel XII. Kunststeine aus Asbest, Torf und verschiedenartiger, besonderer Zusammensetzung	235—241
§ 38. Asbestkunststeine	235—238
§ 39. Kunststeine aus Torf und Holz	238—239
§ 40. Verschiedene Kunststeine besonderer Art	239—241
Literatur-Nachweisung	241—246

Teil II. Die künstlichen Steine.

Kapitel I.

Die künstlichen Steine im allgemeinen und ihre Prüfung.

§ 1. Die Arten der künstlichen Steine und ihre Herstellung im allgemeinen.

Die heute eine sehr wichtige Rolle im Baufache spielenden Kunststeine lassen sich in zwei Hauptgruppen trennen, und zwar erstens in solche, welche zu ihrer Herstellung eines besonderen Binde- (oder Fluß-) Mittels bedürfen, und deren Erhärtung auf vorwiegend chemischen, seltener auf rein physikalischen Vorgängen beruht, sowie zweitens in solche, bei denen die Grundmasse, von Haus aus genügend plastisch, eines besonderen Bindemittels entbehren kann und die Verfestigung zum Kunststein durch einen Brennprozeß bedingt ist. Während zu dieser zweiten Art ausschließlich die aus gebranntem Ton hergestellten Steine — die Ziegel und Tonwaren im weiteren Sinne — gehören, umfaßt die erste Gruppe eine größere Anzahl von besonderen Steinarten. Hier sind zu nennen:

1. Kunstsand- und Kunstkalksteine mit kalkigem oder siliciumhaltigem Bindemittel,
2. Kunststeine aus Abfällen natürlicher Steine hergestellt, jedoch ohne Verwendung zementartiger Bindemittel,
3. Kalksandsteine, der ersten Gruppe nahestehend,
4. Zement-Kunststeine,
5. Gips-Kunststeine,
6. Schwemmsteine (rheinische) und Kunsttuffsteine,
7. Schlackenziegel und Schlackensteine,
8. Magnesiazement-Kunststeine,
9. Korksteine,
10. Asphaltsteine,
11. Glassteine,
12. Asbeststeine,
13. Torfsteine,
14. verschiedene besondere, den obigen Gruppen nicht beizuzählende Kunststeine.

Zur **Herstellung der meisten Kunststeine** dienen zunächst Maschinen, welche eine Zerkleinerung des zu verwendenden Rohmaterials bezwecken; hier können Maschinen

Benutzung finden, welche — bei trockenem Material — auf eine Zerteilung der größeren Mineralstücke und zusammenhängenden Massen einwirken durch Druck (Steinbrechmaschinen)[1]), durch Druck und Reibung (Kollermühlen[2]], Steinmühlen[3]], Walzmühlen)[4]), durch Schlag (Pochwerke[5]], Kugelmühlen)[2]), durch Fliehkraft und Stoß (Schleudermühlen oder Desintegratoren)[2]), während bei feuchten oder nassen plastischen Rohstoffen Quetschwerke, Tonschneider, Massenschläger, Schlämmmaschinen[6]) zur Ausführung der Zerkleinerung und Durcharbeitung benutzt werden.

Da durch die Zerkleinerungsmaschinen in der Regel ein (trockenes) Rohmaterial sehr verschiedener Korngrösse geliefert wird, so sind bei vielen Betrieben Sortiermaschinen nicht zu umgehen; zu nennen sind hier als wichtigere Konstruktionen sich drehende Siebtrommeln und mechanisch hin- und herbewegte Rüttelsiebe.

Zum Zusammenmengen der Rohmaterialien untereinander bezw. mit ihren Bindemitteln sowie gegebenenfalls mit Füllstoffen aller Art finden Mischmaschinen verschiedenster Konstruktion Anwendung.

Erwähnenswert erscheinen hier die Misch- und Knetmaschinen, welche aus einem halb oder ganz zylindrischen Eisentrog bestehen, der entweder um seine Längsachse oder um eine ihn schräg durchdringende Achse drehbar ist, bzw. eine feste Lagerung aufweist. Während im ersten Falle in den Zylindermantel eingebaute Schaufeln und dergl. für eine ausreichende Durchmischung des Materials sorgen, wird im zweiten Falle diese Arbeit von einer mit starken Schaufeln, Messern usf. besetzten, sich drehenden Welle geleistet.

Die meisten dieser Maschinen mischen die Masse zunächst in trockenem Zustande, später — nach Zuführung der notwendigen Feuchtigkeit — in Teigform. Auf einige der hierher gehörenden Konstruktionen ist bei dem Kapitel Kalksandsteine sowie in untenstehender Anmerkung[7]) genauer eingegangen.

Zum Formen der Kunststeine bedient man sich vielfach besonderer Hohlformen; diese können hergestellt sein aus Holz, starkem Eisenblech, dünnwandigem Gußeisen,

[1]) Durch derartige Maschinen werden die bereits vorher zur Faustgröße zerteilten Steine zwischen zwei Platten aus Hartguß, die sich pendelartig gegeneinander bewegen, in so kleine Stücke zerdrückt, wie es die geringste Entfernung der Platten bedingt.

[2]) Vergl. den Abschnitt: Kalksandsteine.

[3]) Steinmühlen beruhen auf dem Prinzip des Mühlsteines. Die Feinheit der Mahlung ist durch den Abstand des Bodensteines und des sich über diesem drehenden Läufersteines bedingt.

[4]) Hier gehen die zu zerkleinernden Materialien durch eine Reihe in der Regel zylindrischer Walzen mit verschieden großen sich allmählich verringernden Abständen hindurch. Der Walzenentfernung entspricht die Feinheit der Zerkleinerung. Bei Materialien von geringer Härte erhalten die Walzen keine Zylinder-, sondern eine Kegelform.

[5]) Diese Maschinen wirken durch den Schlag eines bis zu bestimmter Höhe gehobenen und alsdann herabfallenden, schweren Stempels zerkleinernd auf die unter diesem liegenden Steine ein.

[6]) Auf diese Maschinen wird bei dem Abschnitte: Herstellung der Ziegel ausführlich eingegangen werden.

[7]) Eine bekanntere Mischmaschine ist die von Werner und Pfleiderer in Cannstatt hergestellte. Der Misch- und Knettrog wird hier durch einen Kasten gebildet, dessen oberer Teil trichterförmig ausgebildet ist, während der untere Teil, in dem sich die eigenartig gebildeten Knetflügel bewegen, aus zwei nebeneinander liegenden Halbzylindern besteht, welche an ihrer Berührungsstelle eine scharfe, der Längsachse des Troges parallel gehende Schneide bilden. Die in beiden Halbzylindern gleichartig angeordneten Knetschaufeln bewegen sich gegeneinander, d. h. in entgegengesetzter Drehrichtung und zudem mit verschieden großer Geschwindigkeit, wodurch eine besonders gute Knetwirkung erzielt wird. Die Form der Schaufel ist so gewählt, daß bei ihrer Umdrehung alle Teile der Zylinderflächen von den Schaufeln bestrichen und somit alle hierselbst anhaftenden Rohmassen in die Bewegung hineinbezogen werden.

Stahlguß, sowie aus Gips und Leim. Holzformen eignen sich nur für untergeordnete Steine, da sie einerseits im Laufe der Anwendung starker Abnutzung unterworfen sind, andererseits Kanten und Ecken der Steine weniger scharf wiedergeben wie eiserne Formen. Letztere vertragen zudem auch erhebliche Pressungen, werden also alsdann im besonderen zu verwenden sein, wenn der Kunststein unter hohem Drucke hergestellt wird. Kommt es auf Erzeugung einer glänzenden, spiegelnden Oberfläche an, so werden die Eisenformen zweckmäßig in ihrem Innern mit einer Emailleschicht überzogen [1]).

Für verwickeltere Formsteine finden — neben eisernen Formen — im besonderen bei Erzeugung des Kunststeines durch Guß Formen aus Gips und Leim Verwendung. Während die Gipsformen in einfachster Weise durch Guß aus Stuckgips [2]) mit dicken Wandungen hergestellt werden, erfordern die elastischen Leimformen eine weitergehende Vorbereitung.

Sie bestehen in der Regel aus einer Vermengung von Leim und Glyzerinmassen, die beide so lange zusammengekocht werden, bis alles Wasser herausgetrieben ist. Die bald zu einem mäßig festen, elastischen Körper erstarrende Masse wird um das Modell herumgegossen, alsdann von diesem abgezogen und im Inneren mit einer 5-prozentigen Lösung von doppel-chromsaurem Kali gehärtet. Hierdurch bildet sich ein oberflächlicher Überzug von in Wasser unlöslichem Chromleim, der zudem die Eigenschaft besitzt, in Berührung mit Wasser nur sehr langsam aufzuquellen. Zum Schluß wird die mehrfach benutzbare Form mit Öl ausgepinselt.

Über die verschiedenen Arten der zur Verwendung gelangenden Pressen ist bei dem Abschnitte „Kalksandsteine“ das wichtigste mitgeteilt, während auf die zur Formung der Tonziegel verwendeten maschinellen Einrichtungen — im besonderen auf die Strang- und Stempelpressen — bei dem Abschnitte: Herstellung der gebrannten Ziegel ausführlich eingegangen werden wird.

Besonders erwähnt sei nur noch die Herstellung farbiger und gemusterter Kunststeinplatten; hier wird entweder zuerst die Farbe und alsdann die Masse in die Form gebracht oder der umgekehrte Weg eingeschlagen. Die Notwendigkeit einer möglichst scharfen Abgrenzung der farbigen Ornamente hat hier zu einer größeren Anzahl — meist durch Patent geschützter — Herstellungsverfahren geführt, auf welche in untenstehender Anmerkung [3]) in Kürze eingegangen ist.

---

[1]) DRP. 111764 von Ludwig Schreier, pat. vom 15. IV. 1899, als Verfahren zur Herstellung profilierter und zugleich polierter Gegenstände aus Kunststein, dadurch ausgezeichnet, daß Formen aus Metallblech innen eine gleichmäßige Schicht von aufgebrannter Emaille zeigen. Vgl. Tonind.-Z. 1900. I. S. 1000.

[2]) Vergl. Kapitel: Kunstgipssteine.

[3]) Die farbige Schicht wird in eine Hohlschablone — Matrize — eingestampft, die auf dem Boden des Formkastens aufgesetzt ist und nach dem Einstampfen beseitigt wird. Die Umrisse sind deshalb weniger scharf, weil nach dem Herausnehmen der Matrize aus dem Kasten Fugen zwischen den einzelnen Farbfeldern verbleiben, welche sich bei dem nachherigen Pressen mit Grund- oder Farbmasse ausfüllen. Nach dem DRP. 54959 (v. W. Carius in Taucha) werden zu dem angegebenen Zwecke zwei Platten, eine Form- und eine Bodenplatte verwendet. Erstere paßt genau in die letztere hinein. Auf die Formplatte wird das farbige Muster in dünner Schicht und der Zeichnung entsprechend aufgebracht, hierauf sowie auf die Bodenplatte die Grundmasse aufgelegt und eine Vereinigung beider Platten durch Pressen bewirkt. Wird nunmehr die Formplatte abgenommen, so zeigt sich auf der Oberfläche der gepreßten Platte das buntfarbene Muster. Ist letzteres aus einer Anzahl von Farben zusammengesetzt, so wird entweder die Formplatte aus mehreren Teilen gebildet, die nach und nach in die Bodenplatte eingesetzt werden, oder man deckt einzelne Stellen der Formplatte für sich ab und arbeitet somit die einzelnen Farben nacheinander; hierzu ist allerdings eine große Geschicklichkeit des Arbeiters erforderlich. Verbessert ist dies Verfahren durch die DRP. 58372 und 65530 von C. Lucke in Eilenburg und 61049 (von Th. Grote in Merseburg).

Das DRP. 72088 (von Teichert, Meißen a. d. E.) füllt die verschiedenen Farben in die entsprechenden Muster einer Plattenschablone ein, und preßt diese so stark, daß die Platte mit den Farben

Als Konservierungsmittel für künstliche Steine kommen neben den bei Ziegelwaren meist nur üblichen und dort behandelten Überzügen durch feine Tonschichten oder Glasuren die gleichen Stoffe wie bei den künstlichen Steinen in Frage; im besonderen sind auch hier zu nennen die mannigfachen Keßlerschen Fluosilikate und Testalin (vergl. Teil I S. 90). Besondere, bei den einzelnen Arten der Kunststeine zu deren Härtung geeignete Mittel sind im Zusammenhange mit der Besprechung dieser Steine an anderer Stelle mitgeteilt. Erwähnenswert erscheint nur noch eine durch das DRP. 121325[1]) geschützte Härtung der künstlichen Steine vermittelst von Gasen oder Dämpfen. Die letzteren (z. B. Kohlensäure bei einem Bindemittel aus gelöschtem Kalk und dgl.) wirken hierbei, in einzelnen Strahlen und durch Rohre möglichst nahe an die Steinoberfläche geleitet, auf die festen Steinmassen unmittelbar ein. Die Härtung erfolgt hierbei nach Kugelschalen mit wachsendem Durchmesser nach dem Innern des Steines zu. Wendet man mehrere Zuleitungsrohre an, so werden die getrennten „Härtungskugeln" zusammenwachsen; zeigen die Steine in ihrem Innern Hohlräume, so sind die Rohre naturgemäß auch hier hinein zu führen.

Durch die infolge der chemischen Umsetzung erzeugte Verbindungswärme wird zugleich eine Verdampfung des Wassers im Steine bewirkt. —

§ 2. Die Prüfung der Kunststeine[2]).

Die Prüfung der Kunststeine ist derjenigen der Natursteine (vgl. Heft I S. 78 bis 95) nahe verwandt. Sie erstreckt sich auf die Ermittelung der folgenden Einzelheiten:

1. Form und Abmessungen der Steine,
2. die Bruchflächenbeschaffenheit, im besonderen das Gefüge, den Bruch, die Farbe,

transportiert werden kann. Die Platte wird alsdann über den mit der Grundmasse gefüllten Formkasten gelegt und die Farbschicht durch entsprechende Stempel aus der Schablone heraus und in die Grundmasse hineingestoßen; Platte und Stempel werden alsdann entfernt und die Fliese fertig gepreßt. Ein vollkommen anderer Weg besteht darin, zuerst die Masse in die Form zu pressen und alsdann die Farben aufzutragen; so wird z. B. nach dem DRP. 83600 (v. J. Rönitz in Mügeln bei Dresden) die in die Form gepreßte Platte durch Streicheisen verschiedenster Gestalt geteilt und in die einzelnen Furchen usw. trockenes Farbpulver unter Verwendung eines beweglichen Streukastens hineingestreut; der Farbstoff wird hierbei von der Feuchtigkeit der Plattenmasse begierig angesogen und festgehalten. In ähnlicher Weise werden farbige Platten hergestellt nach dem DRP. 89093 (v. O. Kauffmann in Niedersedlitz bei Dresden) unter Anwendung eines sich drehenden Farbstreukastens, sowie nach dem DRP. 68728 (von Karl Thomann in Halle a. S.) durch eine Presse mit rotierendem Formtisch, endlich nach dem DRP. 39601 ebenfalls unter Verwendung eines sich drehenden Formtisches, dessen Füllbehälter jedoch in so viele Teile geteilt ist, als das herzustellende Muster Farbentöne enthält. Auf ähnlichen Grundzügen beruhen auch die DRP. 79340 (von J. Mohs-Charlottenburg) mit einem Abschlusse der Farbkanäle durch Rüttelsiebe, desgl. die DRP. 83307, sowie 91126; bei letzterem wird die sich drehende Form zunächst mit der Grundmasse gefüllt, alsdann die Platte derart gepreßt, daß Räume zur Aufnahme des Farbmaterials entstehen; hierauf kommt die Platte unter den Trichter, welcher Farbe einfüllt und dann nochmals unter eine Presse, welche den Stein fertig herstellt. Nach dem DRP. 143954 schließlich (von Dr. Gaspary, Leipziger Zementindustrie) erfolgt das Einstreuen von Farbe unter Benutzung von Hilfsrahmen, welche über die aus dem Preßrahmen entfernte Grundplatte zu schieben sind. — Genaueres über die einzelnen Verfahren findet sich in Danglers polyt. Journ. 1898, Bd. 307, S. 11 u. 32; auch sind die in dem Abschnitte Zementkunststeine mitgeteilten Ausführungsarten zu vergleichen.

[1]) Von Konrad Hörisch, pat. v. 6. III. 1900; vergl. Tonind.-Z. 1901, II, S. 1285.

[2]) Vgl. hierzu: Die Prüfung von Pflastermaterial, Fußbodenbelag und Dachdeckungsstoffen von H. Burchartz in B. M. 1903, S. 216—322, sowie 1894, S. 236 u. f.; der ersteren Abhandlung sind die obigen Angaben zum Teil entnommen.

3. auf das Raumgewicht (= r), das spezifische Gewicht (= s), den Dichtigkeits- (= d) und den Undichtigkeitsgrad (= u),
4. auf die Wasseraufnahme (= w) und die scheinbare Undichtigkeit $\left(= \frac{w}{u} = w_u\right)$,
5. auf die Frostbeständigkeit,
6. auf die Feuerbeständigkeit, überhaupt das Verhalten gegen Wärmeeinwirkung,
7. auf die Festigkeitsverhältnisse, und zwar bezüglich einer Druck-, Biegungs- und Zugbeanspruchung, und zwar sowohl in trockenem als in wassersattem Zustande und nach 25maligem Gefrieren,
8. auf die Stoßfestigkeit,
9. auf die Abschleifbarkeit, also die Größe der zu erwartenden Abnutzung,
10. auf die Wasserdurchlässigkeit, und zwar durch Wasserdurchlaßversuche bei gleichem und steigendem Drucke, sowie durch Berieselungsversuche,
11. (vorwiegend nur bei gebrannten Steinen) auf den Gehalt an löslichen Salzen und schädlichen Beimengungen,
12. auf das Verhalten gegen die Einwirkung von Säuren, namentlich Salzsäure, Salpetersäure und Nitrosäure,
13. auf das Verhalten gegen die Einwirkung von Wasser, schwachen Säuren und Basen, Petroleum, Terpentin usw.;
14. zudem werden Korkplatten und Korksteine, sowie verschiedene Fußbodenbeläge, noch auf ihre Biegsamkeit bei verschiedenen Wärmegraden und auf ihr elastisches Verhalten bei langsam ansteigender Druckbelastung und unter dauernder Last geprobt, ferner
15. Platten für Straßenbefestigung und dgl. auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Raddrücke, Asphaltplatten schließlich zudem noch auf ihren Widerstand gegen das Eindrücken der Lasten bei verschiedenen Wärmegraden geprüft.

Die Prüfung zu 1 und 2 wird durch einfache Messung des Steinformates sowie durch eingehende Besichtigung seiner Schauseiten wie seiner Bruchflächen ausgeführt. Bei Betrachtung der Oberfläche ist hierbei darauf zu achten, inwieweit sie glatt, dicht, porös usw. ist. Aus der Bruchfläche ist das Gefüge zu beurteilen, also der Grad der Gleichförmigkeit, die Beschaffenheit und Größe des Korns, das Vorkommen von gröberen Einsprengungen oder Hohlräumen, schließlich die Art des Bruches selbst — scharfkantig, bröckelig usf. — zu bestimmen.

Die Prüfung zu 3 und 4 erfolgt entweder durch Gewichtsbestimmung an dem getrockneten Stoffe, und zwar beim spezifischen Gewichte „s", an dem zu Pulver zerkleinerten, also nahezu lückenlosen Material, beim Raumgewichte an kleinen Bruchstücken, oder durch Rechnung nach Feststellung des Gewichts des trockenen Körpers an der Luft (G), desgl. unter Wasser (G'), sowie in wassersattem Zustand an der Luft (G_w) und unter Wasser (G'_w), endlich seines Rauminhalts (I). Letzterer folgt aus der Beziehung $I = G_w - G'_w$, d. i. aus dem Gewichtsunterschiede des wassergesättigten, an der Luft und im Wasser gewogenen Steines[1]). Werden die Größen G in g ausgedrückt, so ergibt sich I in ccm. Hieraus berechnet sich alsdann weiter das Raum-

[1]) Will man, da sich hierbei leicht Ungenauigkeiten ergeben, die Wägung unter Wasser vermeiden, so kann man das verdrängte Wasser messen. Hierzu bedient man sich zweckmäßig entweder des Seegerschen Volumanometers, welcher durch ein enges Meßrohr eine genaue Ablesung der verdrängten Wassermasse gestattet, oder des Ludwigschen Raummessers, welcher eine unmittelbare Wägung des verdrängten Wassers erlaubt.

gewicht (d. i. das Gewicht seines Rauminhaltes einschließlich der Poren) $r = \frac{G}{I}$. Das spezifische Gewicht schließlich wird aus dem Raumgewichte und der Wasseraufnahme (w) bezw. dem Dichtigkeitsgrade abgeleitet. Die Wasseraufnahme, auf das Gewicht berechnet, wird durch die Gleichung: $w = \frac{G_w - G}{G}$, die Größe des Porenraumes in Raumteilen = p durch die Beziehung $p = w \,.\, r$, endlich der Dichtigkeitsgrad des Materials (d) durch die Größe $d = 1 - w \,.\, r$ bestimmt. Alsdann ist auch das spezifische Gewicht $s = \frac{r}{d}$ bekannt.

Beispiel: Es sei gefunden G = 600 g, G_w = 700 g, I = 300 ccm; hieraus ergibt sich:

$$r = \frac{G}{I} = \frac{600}{300} = 2{,}0. \qquad w = \frac{G_w - G}{G} = \frac{700 - 600}{600} = 0{,}1666 = \text{rd } 16{,}6\,\%.$$

Der Porenraum beträgt mithin $0{,}166 \times 2{,}0 = 0{,}332$ vom gesamten Rauminhalte des Steines = 33,2 %.

Hieraus folgt: $d = 1 - 0{,}332 = 0{,}668$ und $s = \frac{r}{d} = \frac{2{,}0}{0{,}668} = \text{rd } 3{,}0.$

Der scheinbare Undichtigkeitsgrad wird aus der Beziehung $w_u = \frac{w}{u} = \frac{w}{1 - d}$ berechnet.

Im vorgenannten Beispiel beträgt er demgemäß

$$w_u = \frac{w}{u} = \frac{w}{1-d} = \frac{0{,}1666}{1 - 0{,}668} = \frac{0{,}1666}{0{,}332} = \text{rd } 0{,}5 = \text{rd } 50\,\%.$$

Die Prüfung zu 5, welche den Einfluß der Kälte auf den Kunststein festzustellen, also im besonderen seine Frostbeständigkeit zu ergründen hat, ist die gleiche wie bei den natürlichen Steinen (vergl. Teil I, S. 87 u. 88); demgemäß wird auch hier der Stein zunächst durch Eintauchen mit Wasser gesättigt und alsdann 25 mal abwechselnd 3—24 Stunden (je nach der Größe des Probestückes) einem Froste von 12—15° C ausgesetzt und hierauf etwa 3 Stunden in Wasser von Zimmerwärme wieder aufgetaut. Nach jedesmaliger Herausnahme aus dem Kühlschranke und hierauf erfolgtem Abtauen wird der Stein sowie das Auftauwasser daraufhin untersucht, ob irgend welche Absprengungen eingetreten oder sonstige Schäden entstanden sind. Etwa abgesplitterte nennenswerte Mengen werden getrocknet, gewogen und in % des Steingewichts berechnet. Zudem wird auch die Druckfestigkeit des Steines nach den Versuchen festgestellt und der Stein hierzu in der gleichen Weise wie (vergl. weiter unten) beim Druckversuche hergerichtet. — Gerade aus der Verminderung der Druckfestigkeit des Steines durch den Frost kann man wichtige Schlüsse auf die Frost- und z. T. auch auf die Wetterbeständigkeit des Materials ziehen.

5. Die Prüfung auf Feuerbeständigkeit bezieht sich sowohl auf den Einfluß starker Erhitzung als auch auf das Verhalten des Steins nach dieser bei langsamer oder plötzlicher Abkühlung. Derartige Versuche richten sich zwar in erster Linie nach dem Zwecke, den das Material zu erfüllen hat, werden aber auch vielfach in allgemeiner Form in der Art durchgeführt, daß das Material etwa eine Stunde lang einem Holzfeuer ausgesetzt und alsdann an die Luft gebracht, langsam abgekühlt oder sogleich in kaltes Wasser getaucht wird. Die äußeren, sowohl bei der Feuerprobe als beim Abkühlen sich zeigenden Beschädigungen werden beobachtet, und falls die Probe nicht allzu stark gelitten, vergleichende Festigkeitsversuche angestellt. Das vielfach bei diesen Versuchen angewendete Prüfungsverfahren beruht darauf, daß über 2, oben 22 cm lichten Abstand von einander aufweisende 0,86 m hohe Ziegelmauern ein Netz von Streckeisen gespannt wird, auf welchem 10 der zu prüfenden Steine einem Holzfeuer ausgesetzt

werden. Zur Feststellung der in der Flamme erreichten Wärme werden Chamotteschälchen mit Metalllegierungen von 12 verschiedenen Schmelzpunkten (in der Regel von 600 bis 1100° C) dicht unter den zu prüfenden Materialien aufgehängt. Nach der Probe werden 5 der Steine durch plötzliches Eintauchen in Wasser abgeschreckt, während die übrigen 5 langsam an der Luft abkühlen. Diese Art der Probeausführung erscheint deshalb scharf, weil der Stein hier — nicht wie bei einem Schadenfeuer — meist von mehreren Seiten zugleich vom Feuer getroffen wird. Handelt es sich um die Ermittelung des wahrscheinlichen Verhaltens der Steine in Wänden, Decken, Bedachungen, Ummantelung usw. bei einem Schadenfeuer, so werden in der Regel kleine Gebäude mit einem Brenn- und einem Beobachtungsraum aus den fraglichen Baustoffen errichtet und einer ausgiebigen Brandprobe von mindestens 1 Stunde Dauer unterworfen. Hierbei wird festgestellt: das Verhalten des Materials während der Probe, das Aussehen nach derselben und nach dem Ablöschen, endlich die wahrscheinliche Einwirkung von Flugfeuer (bei Dachdeckung und Fußböden, nachgeahmt durch Auflegen brennender Fackeln auf die betreffende Fläche). Die Ausführung derartiger Brennproben mag durch zwei nachfolgend mitgeteilte praktische Beispiele erläutert werden, und zwar zu a) durch die Prüfung der Kalksandsteine der Berliner Kalksandsteinwerke von Robert Guthmann und zu b) der Voltzschen Patentmasse DRP. 75480 (vergl. weiter unten die Beschreibung dieser Baustoffe).

a) Prüfung von Kalksandsteinen auf Feuersicherheit.

1. Inhalt des Antrages.

Nach dem Antrage sollte ein aus Kalksandsteinen errichtetes Versuchshäuschen einer Prüfung auf Widerstandsfähigkeit gegen Feuer unterworfen werden.

2. Bauausführung.

Der Bau des Versuchshäuschens wurde nach Maßgabe der Abbildung 1 am 15. August 1901 begonnen und war am 21. August 1901 beendet.

Die zum Bau erforderlichen Kalksandsteine wurden in Gegenwart eines Beamten der Versuchsanstalt einer Schiffsladung von etwa 73000 Steinen entnommen und nach dem Bauplatz überführt. Das Vermauern erfolgte in verlängertem Zementmörtel.

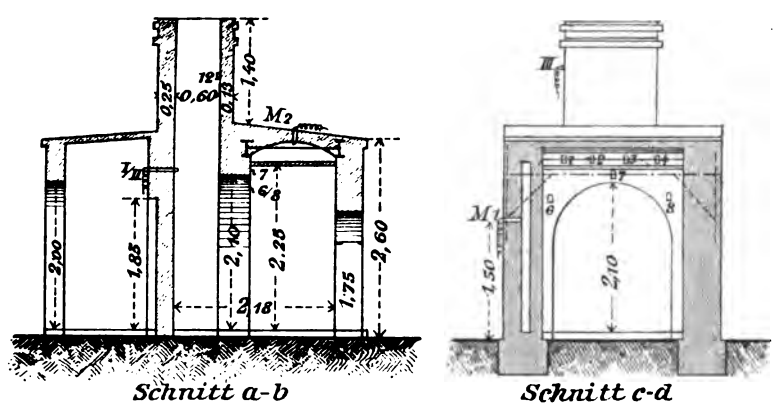


Abb. 1.

Die gewählten verschiedenartigen Wandstärken sind aus der Zeichnung ersichtlich. Das Häuschen bestand hiernach aus dem Brandraum *B* und dem Beobachtungsraum *N*. Im oberen Teil der Außenwände des Brandraumes wurde ein Kettenanker eingebaut, um das Sprengen des Gebäudes durch die Heizgase zu vermeiden; der innere Gurtbogen wurde durch einen Bogenanker zusammen gehalten. Die eisernen Träger im Widerlager des Gewölbes (I-Prof. 17) waren durch zwei 1,5 cm starke Rundeisen verbunden und durch eine Rabitzputzdecke von unten gegen die Wirkung des Feuers geschützt.

Der Beobachtungsraum war mit einer 6 cm dicken Rabitzdecke, der Brandraum mit Zementestrich eingedeckt.

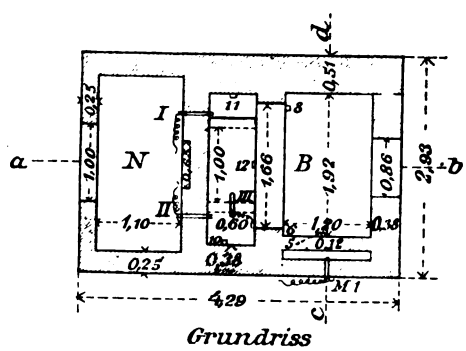


Abb. 1.

3. Versuchsausführung.

Innerhalb des Raumes *B* wurden bei 5—12 (vergl. die Ziffern der Abbildung 1) Chamotteschälchen mit Metalllegierungen von verschiedenem Schmelzpunkt; bei I, II und III Thermoelemente und bei M_1 und M_2 Maximumthermometer zur Bestimmung der erzielten Wärme angebracht. Zwischen Gewölbe und Rabitzdecke waren außerdem Chamotteschälchen 1—4 mit niedrig schmelzenden Legierungen aufgehängt. An der dem Beobachtungsraum *N* zugekehrten Seite der Zwischenwand dienten Thermometer zur Messung der Wärme.

Am 26. September 1901 vormittags 9^{15} Uhr wurden die in dem Raume *B* aufgeschichteten etwa 4 cbm Kiefernholz mit Petroleum begossen und angezündet. Das Feuer wurde eine Stunde lang durch Nachwerfen von etwa noch 2 cbm Holz unterhalten und dann abgelöscht, indem der volle Wasserstrahl des Hydranten auf die Wände und den Gurtbogen gerichtet wurde.

4. Versuchsergebnisse.

Nach kurzer Brennzeit bildeten sich im Mauerwerk (am Schornstein, den Umfassungswänden und dem Türbogen) durch die Fugen verlaufende Risse, ohne daß die Steine indessen zerstört wurden. Die Risse zogen sich nach der Abkühlung des Mauerwerkes wieder etwas zusammen. Sonstige Veränderungen ließen sich bis zum Ende des Versuches an dem Äußeren des Häuschens nicht wahrnehmen und auch im Innern blieben die Wände und der Gurtbogen scheinbar unverändert. Die Außenseite der Mauern von ½ bis 2 Stein Dicke hatte sich nicht fühlbar erwärmt. Nach dem Bespritzen der Wände mit Wasser bröckelten die Kanten des hauptsächlich von den Flammen getroffenen Gurtbogens ab. Die Steine der Zwischenwand, die der größten Glut ausgesetzt waren, zeigten sich äußerlich nur wenig angegriffen. Bei näherer Untersuchung ergab sich, daß sie etwa 3 cm tief etwas mürbe geworden waren.

Die höchste Wärme der Flamme wurde auf mehr als 1100° C festgestellt. Zwischen Gewölbe und Rabitzdecke bei M_2 war die Wärme bis 230° C, in der Luftschicht der Mauer bei M_1 nur bis 85° C gestiegen. Die Zwischenwand im Beobachtungsraum hatte sich um etwa ½° C erwärmt.

Charlottenburg, den 4. Oktober 1901.

Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt.

Der Direktor. Der Abteilungsvorsteher.

b) Prüfung der Voltzschen Patentmassen.

Das Prüfungszeugnis über eine stattgehabte Brandprobe vom 28. März 1895 von der Königl. Prüfungsstation Charlottenburg lautet:

„Versuchs-Ausführung und Versuchs-Ergebnisse". Ein Häuschen (ähnlich dem vorstehend besprochenen) wurde in Wänden und Decken aus Voltzschen Platten hergestellt. Die mit rundlaufenden Rillen versehenen Platten wurden durch eingegossenen Gipsmörtel miteinander verbunden.

Die Wandplatten waren 6 cm, die Deckenplatten 5 cm stark.

Das Gebäude wurde durch eine Zwischenwand in zwei Räume (A und B) geteilt, von welchen der eine (A) als Feuerungsraum, der andere (B) als Beobachtungsraum dienen sollte.

In dem Innern des Raumes (A) waren drei hölzerne Balken senkrecht aufgestellt und mit Voltzscher Patentmasse ummantelt.

Nach Fertigstellung des Häuschens wurden die Innenwände und die Decke des Raumes A mit einem ca. 5 mm starken Putz versehen.

Die Unterseite der die Deckplatten tragenden beiden ⌶ Träger wurde 3 cm stark mit Patentmasse ummantelt.

Behufs Ermittelung der Wärmegrade, welche sich bei der Beanspruchung des Gebäudes durch Feuer ergeben würden, waren zunächst in der halben Höhe des in der Mitte der Zwischenwand aufgestellten Holzständers ein Maximum-Thermometer und ein Stück Schwefel, sowie am Kopfende desselben ein Stück Pech innerhalb der Ummantelung befestigt. Zu dem gleichen Zwecke waren in dem Feuerungsraume verteilt folgende Metalle bezw. Metall-Legierungen angebracht:

Nr. 1.	Aluminium	Schmelzpunkt etwa	620° C.
Nr. 2.	800 T. Silber + 200 T. Kupfer	„	850° C.
Nr. 3.	950 „ „ + 50 „ „	„	900° C.
Nr. 4.	400 „ „ + 600 „ Gold	„	1020° C.
Nr. 5.	950 „ Gold + 50 „ Platin	„	1100° C.

An einer Seitenwand war ein kleiner Pfeiler aus Ziegelsteinen mittlerer Qualität mit Gipsmörtel aufgemauert, um das Verhalten der Ziegel im Feuer zu den Voltzschen Platten in Vergleich stellen zu können.

In dem dem Feuer nicht auszusetzenden Raume B waren an der Zwischenwand ein Maximum-Thermometer, ein Bogen dünnen Papiers und ein Stück Tüllgardine befestigt.

Nachdem am 28. März 1895 das Gebäude bezw. die Bewurfsarbeiten vollendet waren, erfolgte am gleichen Tage die Ausführung der beantragten Feuerprobe.

Zu diesem Zwecke waren im Raume A zunächst ca. 150 kg gespaltenes Fichten-Scheitholz aufgestapelt, welches mit Petroleum getränkt wurde. In die Mitte des Holzstoßes wurde eine aus Voltz'scher Patentmasse hergestellte Kassette gelegt, welche im Innern Stücke Schwefel, Pech und Papier enthielt.

Um 3 Uhr 8 Minuten nachmittags wurde das Holz in Brand gesetzt; es war in etwa 3 Minuten zu einem hellen, energischen Feuer entflammt, welches durch zeitweises gleichmäßiges Nachwerfen einzelner Holzscheite auf seiner Höhe erhalten wurde. Nach drei Minuten Brennzeit zeigten sich in den Wänden einzelne feine Fugenrisse, die sich allmählich, so lange die Entwickelung des durch die Feuchtigkeit des Mörtels verursachten Wasserdampfes fortdauerte, etwas erweiterten und sich nachher, sobald im Verlaufe des Brandes die Fugen ausgetrocknet waren, fast gänzlich wieder schlossen.

Nach sechs Minuten Brennzeit wurde in einer Platte der Seitenwand ein feiner vertikaler Querriß sichtbar; nach fünfzehn Minuten zeigten sich weitere Querrisse in anderen Platten.

Nach zwanzig Minuten Brennzeit lösten sich Teile des Wandputzes und zehn Minuten später auch solche des Deckenputzes los.

Zu derselben Zeit trat eine merkliche Erwärmung der Wände ein, welche stetig zunahm und namentlich in den Fugen, d. h. an den Stellen, an welchen der Wasserdampf heraustrat, derartig stieg, daß eine Berührung mit der Hand nicht mehr möglich war, während die vorher ausgetrockneten Platten bis zum Schlusse des Brandes eine Berührung mit der Hand zuließen.

Im übrigen erlitten während der Dauer der Feuerprobe die Wände und die Decke keinerlei mit dem Auge wahrnehmbare Veränderungen. Ebenso blieben die an der Zwischenwand im Raume B angebrachten leicht entzündlichen Gegenstände (Papier und Tüllgardine) unversehrt, trotz der hohen im Innern des Raumes A herrschenden Wärme, welche durch beständiges Nachfeuern, wie nachher festgestellt wurde, auf ca. 1000° C gebracht worden war.

Um 4 Uhr 8 Minuten (also nach einer Stunde Brennzeit) wurde, um den Versuch zu beenden, das Feuer durch einen starken Wasserstrahl aus einer Handdruckpumpe der Charlottenburger Feuerwehr gelöscht und der Strahl in das Innere des Gebäudes auf Wände und Decke gerichtet.

Die nach vollständiger Löschung des Feuers vorgenommene Untersuchung ergab folgendes:

1. Das Äußere des Gebäudes hatte an Form und Aussehen eine Veränderung nicht erlitten.
2. Der Wand- und Deckenputz war zum größten Teile losgelöst.
3. Die unterhalb des Putzes liegenden Wandflächen waren unversehrt und fest.
4. Die im Raume A aufgestellten Metalle und Metall-Legierungen waren bis einschließlich Nr. 3 geschmolzen, so daß also dort eine Hitze von mehr als 900° C geherrscht hatte.
5. Das innerhalb der Ummantelung des mittleren Holzständers angebrachte Maximum-Thermometer zeigte nur + 86,5° C. Das Stück Schwefel war scharfkantig erhalten, das Stück Pech war geschmolzen.
6. Die ummantelten Holzbalken und die innerhalb ihres Mantels befestigten Holzspähne waren unversehrt.
7. Die kurz vor Beginn der Feuerprobe fertiggestellte Ummantelung der ⊥-Träger war rißfrei und fest erhalten.
8. Die im Raume A aufgemauerten Ziegelsteine waren sämtlich zersprungen und zeigten starke Abblätterungen der Oberfläche.
9. Die inmitten der Glut gelagerte Kassette war unbeschädigt. Das darin enthaltene Stück Schwefel blieb scharfkantig, ebenso war das Papier unversehrt und weiß geblieben. Das Pech war geschmolzen.
10. Die Wärme im Raume B war von + 13° C auf + 60° C gestiegen, sichtlich infolge des während der Brandprobe in den Fugen der Seitenwand entwickelten Wasserdampfes.

Charlottenburg, den 2. April 1895.

Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt.

Der Direktor. Der Abteilungsvorsteher.

7. Die Prüfung auf Festigkeit. Zur Bestimmung der Druckfestigkeit werden ähnlich wie bei den natürlichen Bausteinen möglichst würfelförmige Körper aus dem Material herausgeschnitten und nach Ebenung der Druckfläche geprüft; wenn angängig — also bei während der Herstellung bildsamen Stoffen — werden die Würfel auch in besonderen Formen hergestellt. Bei Ermittelung der Biegefestigkeit an plattenförmigen Körpern mit ebener Fläche wird der Körper in der Mitte unter Anwendung eiserner oder hölzerner Unterlagen belastet. Die Berechnung der auftretenden Biegungsspannung σ erfolgt aus der Gleichung $\sigma = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$, worin l die Stützentfernung und W das Widerstandsmoment des Querschnittes von h Höhe und b Breite $= \frac{bh^2}{6}$ darstellt. Die Versuche werden, soweit möglich, an 10 gleichartigen Probestücken ausgeführt.

Bei Körpern, z. B. Falzziegeln, mit unebenen Flächen und unregelmäßiger Form, müssen die Probestücke für den Biegeversuch insofern vorbereitet werden, als sie an den Auflagerstellen und in der Mitte mit Leisten aus reinem Zement versehen werden, mit deren Hilfe einerseits eine regelmäßige Lagerung ermöglicht, andererseits ein annähernd gleichmäßiges Einwirken der Belastung gesichert wird.

Prüfungen auf Zugfestigkeit werden in der Regel in der für Zementprüfungen vorgeschriebenen Acht-Form mit einer Querschnittsfläche von 5 qcm durchgeführt; sie werden demgemäß auch meist nur für Kunststeine, welche die Herstellung solcher Formen gestatten, bewirkt.

Die Festigkeitseigenschaften werden sowohl an trockenen als auch an in Wasser gesättigten und dem Froste ausgesetzten Probestücken ermittelt.

8. Die Prüfung auf Stoßfestigkeit soll über den Widerstand von Baustoffen gegenüber Stößen Aufschluß geben, den diese durch Begehen, Befahren, Aufschlagen irgendwelcher Gegenstände usw. erleiden. Zur Ermittelung der Stoßfestigkeit dienen Schlagversuche, bei denen ein gleichbleibendes Fallgewicht aus bestimmter Höhe auf die Mitte des Versuchsstückes herabfällt. Das letztere ist in einem Kasten auf gesiebtem und festgerütteltem Sande gebettet. Als Fallgewicht dient vielfach ein birnenförmiger eiserner Körper, der an dem unteren Ende halbkugelförmig abgerundet und am oberen Ende mit einer Öse versehen ist[1]). Es wird, um Vergleichswerte zu erzielen, entweder die Stoßarbeit ermittelt, die imstande ist, das Probestück mit einem Schlage zu zertrümmern, d. i. der Bruchfaktor[2]), oder es wird die Zahl der Schläge von bestimmter Größe festgestellt, die ein Zerbersten der Platte bewirkt. Zur Versuchsausführung werden auch hier wiederum 10 Probestücke herangezogen.

9. Die Prüfung auf Abschleifbarkeit. Zur Verwendung gelangt hierbei in der Regel die in Heft I, S. 91, bereits beschriebene Bauschingersche Abschleifmaschine. Auch hier werden unter den gleichen Versuchsbedingungen wie bei den Natursteinen Probestücke von quadratischem Querschnitte und 7,1 cm Seitenlänge, die entweder aus den Materialien geformt oder herausgesägt sind, in trockenem Zustande und nach Erzielung einer vollkommen ebenen Fläche geprüft. Nach Vorschlag von Gary[3])

[1]) Nach der in Anmerkung 2 auf S. 122 (4) angeführten Quelle werden in der Berliner Vers.-Anstalt 4 derartige Fallgewichte verwendet und zwar von Körpergewicht = 5, 2, 1 und ½ kg, mit Krümmungsradien (unten) von 45, 32, 26 und 20 cm.

[2]) Vergl. Martens, Materialienkunde Abs. 247, sowie von demselben: Materialienkunde für den Maschinenbau 1898, S. 162 u. f. (Beschreibung der Prüfungsmaschine.) Verlag von Springer-Berlin.

[3]) Vergl. hierzu M. Gary, Versuche mit dem Sandstrahlgebläse, B. M. 1904, Heft 3, S. 103—123.

dürfte zum mindesten als eine Ergänzung der vorgenannten Abschleifversuche sich in Zukunft eine weitere Prüfung mittelst des Sandstrahlgebläses einbürgern, gibt doch gerade dieser Versuch ein gutes Bild über die Bearbeitungsmöglichkeit einerseits, über die Größe der zu erwartenden Abnutzung andererseits, indem die Schichtung, vorhandene Einschlüsse, Hohlräume, harte Stellen, die Korngröße usw. sehr deutlich in die Erscheinung treten. Der Versuch wird in der Art bewirkt, daß ein unter Dampfdruck von 3 Atm. Stärke stehender Sandstrahl 2 Minuten lang auf die vorher bestens geebnete Fläche einwirkt. Das immer wieder in genau derselben Weise durchzuführende Verfahren gebraucht also außerordentlich wenig Zeit und zeichnet sich durch eine große Einfachheit in der Handhabung aus. Über zwei weitere, im Ausland übliche Methoden zur Prüfung der Abnutzung gibt die Anmerkung [1]) Auskunft.

10. Die Prüfung auf Wasserdichtigkeit und Wasserdurchlässigkeit. Diese Prüfung ist insbesondere wichtig für Dachdeckungsmaterialien, die eine wasserundurchlässige Oberfläche, dabei aber eine gewisse Porosität besitzen sollen. Demgemäß wird sich die Prüfung auf das Wasseraufsauge-Vermögen sowohl der Oberfläche als auch des Bruchstückes zu erstrecken haben.

Zu ersterem Zwecke werden meist 5 Glasröhren von je 35 mm Durchmesser fest auf der Oberfläche des genau wagerecht gelagerten Steines oder der Platte aufgekittet und bis zu bestimmten Marken verschieden hoch mit Wasser gefüllt. Die nach 1, 2, 3, 4, 5, 24 und 72 Stunden auszuführenden Beobachtungen erstrecken sich auf das Sinken der Wasserschicht in den Gläsern infolge Eindringens des Wassers in den Stein und auf den Zeitpunkt des Durchsickerns des Wassers an der Steinunterseite (erkenntlich durch Entstehen eines dunklen Fleckes) und den Beginn der Tropfenbildung. Findet nach 72 Stunden weder ein Durchsickern noch eine Tropfenbildung statt, so wird der Versuch abgebrochen.

---

[1]) 1. System Dorry. Die Prüfung mit dem Dorryschen Apparat weicht in mancher Hinsicht von der Bauschingerschen Methode ab. An Stelle der Schleif-Scheibe ist nur ein horizontaler Ring vorhanden, der leicht herausgenommen und neu abgedreht werden kann. Ein ringförmiger Behälter rotiert mit und nimmt das abgeschliffene Material und das verbrauchte Schleifmaterial, welches über den Rand des Ringes fällt, auf. Das Schleifmaterial besteht in zerkleinertem, gesiebtem Sandstein bestimmter Art und Korngröße. Dasselbe strömt, wenn der Apparat in Arbeit ist, automatisch aus; zudem wird Wasser durch einen kleinen Schlauch zugeführt. Das Schleifen findet im Radius von 26 cm statt; in der Bahn des Schleifringes befinden sich schräg laufende Furchen, welche das abgeschliffene Material über den Rand des Ringes herausführen. Die Probesteine werden, wie bei Bauschinger, zu je 2 im Ringe angebracht und im Rahmen eingespannt. Die Bewegung findet von Hand aus mittelst einer Kurbel oder durch Maschinenkraft statt. Die Proben sollen 4000 Umdrehungen ausgesetzt werden. Die Größe der Abnutzung durch Höhenverminderung der Probe wird durch eine Ablesevorrichtung an der Maschine selbst bestimmt; zudem wird der Gewichtsverlust nach je 1000 Umdrehungen bestimmt. — Die Nachteile der Anordnung beruhen in der Verwendung von Sandstein, der bei sehr hartem Material nur sehr geringe Abschleifmengen ergibt, sowie in dem Ablesen der Höhenverminderung, einer ungenauen Methode; ferner in der Verwendung kleiner Würfel von 4—6 cm Seitenlänge, die sich schwer ebnen lassen, so daß es nicht sicher ist, daß alle Oberflächenteile gleichmäßig abgeschliffen werden.

2. System Hatt und Turner (in Nord-Amerika zum Teil üblich). Der Apparat ist nach Art einer Kugelmühle konstruiert und besteht aus einer horizontalen Trommel von 70 cm Durchmesser, 50—60 cm Länge und macht 30 Umdrehungen in der Minute. Die Trommel ist vielkantig und besteht aus 12—16 Platten in der Art, daß zwischen je 2 Platten ein Zwischenraum von 6 cm verbleibt. Die Platten bestehen wegen der Abnutzung aus Stahl. Durch Öffnen an einer Seite werden die zu untersuchenden Materialien hineingebracht. (Die Trommel faßt 12 Klinker oder 9 Pflastersteine.) Mit den Steinen zusammen werden 130 kg Gußeisenstücke unregelmäßiger Form in die Trommel gebracht. Die Steine werden vor und nach dem Versuche gewogen. Bei einem solchen macht die Trommel 1800 Umdrehungen; jeder Versuch wird 2mal wiederholt. Die Prüfungsmethode scheint mehr für Pflastermaterialien als für dünne Platten geeignet zu sein. Genaueres siehe in Bm. VII, S. 315.

In gleicher Weise wird die Wasserdurchlässigkeit des Scherbens nach Fortschleifen der dichten Oberfläche bestimmt.

Nicht immer ist es möglich, ausreichende ebene Flächen zum Aufkitten der Glasröhren auf der Oberfläche der Dachsteine zu finden. Es werden alsdann die Enden der letzteren durch hervortretende Stege aus reinem Zement abgeschlossen, die hierdurch allseitig begrenzten Vertiefungen des wagerecht liegenden Steines mit Wasser gefüllt und alsdann die oben erwähnten Beobachtungen durchgeführt.

Vergleichende Versuche haben gezeigt, daß bei dem zweiten Verfahren eine weit stärkere Beanspruchung der Probesteine eintritt.

In ähnlicher Weise, und zwar nach dem genaueren ersten Verfahren, wird auch die Wasserdurchlässigkeit von Fußbodenbelägen aller Art geprüft.

Bei Berieselungsversuchen werden die Probestücke unter einem bestimmten Winkel aufgestellt und beständig (stunden- oder tagelang) mit Wasser berieselt; hierbei wird das Verhalten der Probenoberfläche beobachtet.

Isolierstoffe werden — nach Vorschlag von Rudeloff — auf Wasserdichtigkeit unter Druck in der Art geprüft, daß sie als Abschluß eines Druckgefäßes verwandt und mit einer geschlitzten Eisenplatte von 1—2 cm Spaltweite an der Außenfläche abgedeckt werden. Es kann alsdann erforscht werden, bei welchem Drucke das Wasser die Platte durchdringt und wie lange Zeit bei gleichbleibendem Drucke das Wasser zur Durchfeuchtung der Platte gebraucht.

11. Die Prüfung auf lösliche Salze und schädliche Beimengungen[1]). Hier handelt es sich zunächst um die Ermittelung der in den Steinen löslichen Salze, im besonderen der schwefelsauren Salze. Die Bestimmung dieser Beimengungen erfolgt dadurch, daß aus dem Innern von 10 Steinproben mehrere Stücke entnommen und derart zerkleinert werden, daß auf dem Siebe von 600 Maschen auf 1 qcm kein Rückstand verbleibt. Von diesem Pulver werden 50 g in 700 ccm destilliertem Wasser und in einem Kolben von 1 l Inhalt im Wasserbade 1 Stunde lang erhitzt. Nach dem Erkalten und Absitzenlassen wird unter Berücksichtigung des dem angewandten Material entsprechenden Rauminhalts die Hälfte der Flüssigkeit mit einigen ccm salzfreien Tonerdebreies versetzt und abfiltriert. Durch Eindampfen der Lösung, schwaches Glühen und Wiegen des Rückstandes wird alsdann die Menge der im Wasser löslichen Salze bestimmt. Handelt es sich allein um die Ermittelung der leicht löslichen, für Auswitterungserscheinungen usw. vorwiegend schädlichen Salze, so werden 200 g des gepulverten Steines in ähnlicher Weise wie vorher mit $^3/_4$ l Wasser angesetzt und erhitzt. Nach dem Erkalten läßt man den Kolbeninhalt absitzen, fällt den Kalk durch oxalsaures Ammonium und filtriert. Das Filtrat, welches die leicht löslichen Salze enthält, wird hierauf zum Trockenen verdampft und der Rückstand nach dem Glühen, wobei sich die Ammoniumsalze verflüchtigen, gewogen.

Da durch umfangreiche Untersuchungen von Mäckler[2]) nachgewiesen ist, daß die absolute Menge von löslichen Salzen nicht im Verhältnisse zur Größe der Ausblühungen steht, daß vielmehr an leicht löslichen Salzen sehr reiche Steine weit weniger Auswitterungen zeigen als solche mit schwachem Salzgehalte, und scheinbar hier die Frage der Porenverteilung eine Rolle spielt, so kann den obigen Untersuchungen für den Grad der später zu erwartenden Auswitterung nur ein geringer Wert beigelegt werden.

[1]) Im besonderen wichtig für Ziegelsteine.

[2]) Vergl. die Protokolle der Verhandlungen des deutschen Vereins für Ton-, Zement- u. Kalkindustrie 1903 u. 1904.

Zweckmäßiger erscheint in dieser Beziehung eine vom chemischen Laboratorium für Tonindustrie zu Berlin vorgeschlagene künstliche Auswitterungsprobe. Hierbei werden halbe (Ziegel-) Steine mit Hilfe darauf gesetzter, oben geschlossener Glaszylinder, aus denen allmählich Wasser in die Steinmasse eindringt, wassersatt gemacht und dann an der Luft getrocknet; es treten hierbei die leicht löslichen Salze mehr oder minder deutlich an die Außenfläche der Steinstücke.

Schädliche Bestandteile (kohlensaurer Kalk, Schwefelkies usw.) werden in der Regel auf chemischem Wege und in der Rohmasse nachgewiesen.

12. Die Prüfung auf Säurebeständigkeit wird einerseits am feinkörnigen Pulver, andererseits an Bruchstücken durchgeführt. Das Pulver wird mit 10 % Salzsäure etwa 24 Stunden lang behandelt, der Verdampfungsrückstand der Salzsäure geglüht und durch Wägung die Menge der in der Säure löslichen Bestandteile bestimmt; bei Anwendung der Bruchstücke werden die halben Steine in ein zum Teil mit konzentrierter Säure gefülltes Glas so eingetaucht, daß sie etwa zur Hälfte aus der Säure herausragen. Zur Anwendung gelangt sowohl konzentrierte Salzsäure als Nitrosäure (aus 1 Teil konzentrierter Schwefelsäure und 1 Teil konzentrierter Salpetersäure gemischt). Das Verhalten der Probe wird innerhalb von 14 Tagen täglich beobachtet. Ein ähnliches Verfahren dient auch dazu, die Widerstandsfähigkeit der Glasuren zu bestimmen; ausserdem werden solche Bruchstückchen den Dämpfen rauchender Salzsäure ausgesetzt und Beobachtungen darüber angestellt, ob und wann die Glasur ihren Glanz verliert und ein Irisieren eintritt. Nicht wetterbeständige Glasuren überziehen sich hierbei bald mit einem weißen, leicht anhaftenden Anfluge von Hydrosilikat, unter dem sich irisierende Schichten befinden.

13. Das Verhalten gegen Einwirkung von Wasser, schwachen Säuren, Basen und dergl. Die im besonderen für Fußbodenbeläge — entsprechend deren täglicher Behandlung — wichtige Untersuchung erstreckt sich auf die Einwirkung der jeweilig in Betracht kommenden Flüssigkeiten auf die Oberfläche der Proben und auf die an dieser sich zeigenden Veränderungen. Für die fugenlosen Fußböden ist das folgende Verfahren als zweckmäßig erprobt. Probestücke von etwa 20 cm Quadratseite werden zur Hälfte mit der betreffenden Flüssigkeit bestrichen, dann wieder abgespült und getrocknet und zwar etwa 14 Tage hindurch täglich. Etwaige Veränderungen der Oberfläche werden alsdann im Vergleiche mit der nicht behandelten Plattenhälfte festgestellt. Gibt dies Verfahren keine ausreichenden Ergebnisse, so können auch die Platten bis zur Hälfte in die Flüssigkeit eingestellt und nach mehrwöchentlicher Lagerung hierselbst untersucht werden. Als Flüssigkeiten finden im allgemeinen Verwendung: Wasser, $2^1/_2$ % Salzsäure, $2^1/_2$ % Salpetersäure, Schwefelsäurelösungen, $2^1/_2$ % Sodalösung, $2^1/_2$ % Ammoniaklösung, stark alkalisch reagierende Seifenlauge, Petroleum; in besonderen Fällen (z. B. bei Verwendung in Krankenhäusern) werden zudem verdünnte (2 %) Essigsäure, Natronlauge, Ammoniaklösung und Terpentinöl zur Untersuchung herangezogen.

14. Die Prüfung der Zusammendrückbarkeit unter langsam steigender Belastung und das elastische Verhalten hierbei kommt ausschließlich bei Korkplatten und Korksteinen in Frage und wird bei diesem Abschnitte behandelt werden. —

Hingegen bezieht sich der Dauerversuch auf die Druckempfindlichkeit allgemein auf Fußbodenbeläge. Hier wird zunächst ermittelt, welche Last bei langsam ansteigender Belastung vermittelst stempelartiger Stücke der Oberfläche überhaupt zugemutet werden kann, ohne daß ein bleibender Eindruck sich zeigt oder Zerstörungserscheinungen eintreten. Zu diesem Zwecke werden die quadratischen Probestücke von

100 qcm Fläche auf eben geschliffenen Eisenplatten gelagert und durch 5 cm Quadratseiten zeigende Holzstempel so lange belastet, bis sich zunächst ein Eindruck zeigt und später — bei zunehmender Belastung — eine Rißbildung eintritt. Um zu ermitteln, ob und in welchem Maße die Formänderung später wieder verschwindet, werden Platten von 20 × 20 cm und Holzstempel von 7,1 × 7,1 cm, also mit 50 qcm Fläche, verwendet. Die Dicke der Platten wird bei verschiedener Belastung sofort nach der Entlastung, sodann in einzelnen Zwischenräumen von je 24 Stunden und schließlich 7 Tage nach der letzten Probe gemessen.

15. Die Widerstandsfähigkeit gegen Raddruck wird in der Weise geprüft, daß die auf einem Holzrahmen allseitig frei aufliegende Platte in der Mitte durch ein Stück Radkranz aus Gußeisen bis zur Zertrümmerung belastet wird. Die Felgenbreite des Rades entspricht hierbei der Druckfläche des jeweilig in Betracht kommenden Wagens. Die Einwirkung von Gummireifen kann durch 5 mm dicke Zwischenlagen von Gummi ersetzt werden. Ist die Platte durch Rippen geteilt, so werden in der Regel Parallelversuche notwendig werden, entsprechend der auf verschiedene Art möglichen Übertragung des Druckes auf die Platte und die Rippen.

Kapitel II.

Kunststeine als Nachahmungen bestimmter Naturgesteine.

§ 3. Kunstsandsteine und Kunstkalksteine mit kalkigem Bindemittel.

Die hier zu besprechenden Kunststeine, vielfach als Hydrosand- und Hydrokalksteine bezeichnet, bestehen meist aus feinem, rein gewaschenem Quarzsande, irgendwelchem Steinmehl und einem Bindemittel, welches vorwiegend Kalkhydrat ist; dieses wird entweder nach Aufschließen der Kieselsäure des Sandes zu Calciumsilikat oder unter Einwirkung von Kohlensäure zu Kalkkarbonat umgewandelt[1]).

Die Steine zeichnen sich meist durch eine rauhe sandsteinartige Oberfläche, gute Wetter- und Frostbeständigkeit, sowie im Vergleiche mit dem natürlichen Steinmaterial durch erhöhte Festigkeit, gleichmäßigere Struktur, überhaupt größere Gleichartigkeit aus. Während früher die Steinmasse in, der späteren Steinform genau angepaßten Formkästen bis annähernd zur vollkommenen Erhärtung zu verbleiben pflegte, um alsdann einem meist nur oberflächlichen Bearbeiten und Putzen durch die Hand der Steinmetzen unterzogen zu werden, bildet man heute aus der Kunstmasse nur rohe Blöcke und Steine, welche in noch weichem Zustande bearbeitet und auf die gewünschte Form gebracht werden[2]); sie lassen sich alsdann drehen, schneiden und mit allen Werkzeugen des Steinmetzen derart behandeln, dass der fertige Stein nicht das tote Aussehen wie ein durch Guß und Stampfen hergestellter Quader erhält, sondern dem Naturstein entsprechend die Schärfe und Frische, sowie die Eigenart individueller Bearbeitung zeigt. Da die Steine sich durch mineralische Farbbeimengungen oder buntfarbiges Natursteinmehl beliebig färben lassen, bilden sie einen künstlerisch wie technisch durchaus wertvollen Ersatz des natürlichen Sand- und Kalksteines.

---

[1]) Es gelangen in diesem § also nicht die mittelst Portland-Zement als Bindemittel hergestellten Kunststeine zur Besprechung; bezüglich dieser vergl. den Abschnitt über Zementkunststeine.

[2]) Die Bearbeitung der weichen Blöcke ist naturgemäß auch erheblich leichter und billiger als die der bereits erhärteten.

Als bekanntere Herstellungsverfahren sind die nachfolgenden zu erwähnen:

1. Feiner Quarzsand[1]) und fein gemahlener Kalkstein wird aufs innigste in Kollergängen, Kugelmühlen, Rohrmühlen usw. mit pulverförmig abgelöschtem, fein verteiltem Kalkhydrat gemischt und schichtweise in hölzerne oder eiserne Formen eingestampft. Hierauf werden die Steine unmittelbar den Formen entnommen, in die gewünschte Gestalt durch Bearbeiten gebracht und nunmehr in gemauerte Kammern gestellt; hier bleiben sie etwa 8 Tage oder länger der Einwirkung von heißem Dampfe und Kohlensäure ausgesetzt und erhärten soweit, daß ihre Verwendung im Bau alsbald erfolgen kann. Soll — wie es z. B. bei Treppenstufen erwünscht ist — die Oberfläche besonders hart werden, so werden dieser Silikate zugesetzt.

2[2]). Ein Gemisch aus 80% reinem, körnigem Sande und 20% hydraulischem Kalk wird nach inniger Durchmischung in eiserne Formen und mit diesen in geschlossene, mit heißem Wasser gefüllte Kessel gebracht. In diesen verbleiben die Formlinge 72 Stunden bei einem Drucke von etwa 6 Atm. und 165° C. Nach Herausnahme der Steine aus den auseinander klappenden Formen ist der Stein vollkommen gleichartig und vom Aussehen eines natürlichen Sandsteines. Er läßt sich jetzt behauen, bearbeiten, erhärtet aber bald an der Luft, hierbei seine Feuchtigkeit verlierend. Die erlangte Druckfestigkeit der Steine geht bis zu 400 kg/qcm, dabei sind sie vollkommen frostsicher und zeigen geringe Wasseraufnahme — etwa 6 bis 7%; sie lassen sich beliebig färben und wie natürliche Sandsteine in Stücke, Platten usw. zersägen.

3[3]). Der Kunstsandstein nach dem DRP. 34862 wird gleichfalls aus Kalk und Sand hergestellt, jedoch in einer Weise, welche dem Werdegange des Gesteines in der Natur entspricht. Getrockneter Sand und ungelöschter, pulverförmiger, gebrannter Kalk werden in bestimmtem Verhältnisse gemengt; die Mischung wird in große eiserne Formwagen gebracht, die nach erfolgter Füllung mit einer eisernen, von kleinen Öffnungen durchbrochenen Platte abgeschlossen werden. Die Wagen werden in große Dampfkessel geschoben und hier der Einwirkung heißen Wassers und eines starken Dampfdruckes ausgesetzt. Durch die Öffnungen der Wagenplatte dringt alsdann das Wasser in die Formmasse ein und löscht, dauernd unter der Einwirkung des starken Dampfdruckes stehend, den in der Mischung enthaltenen Kalk breiartig. Durch die hierbei eintretende Massenvergrößerung wird im Innern des Gemenges ein sehr starker Druck erzeugt, sodaß der Kalkbrei auf den Sand bei hohem Druck und hoher Temperatur aufschließend wirkt.

Nachdem die Masse dieser Einwirkung eine bestimmte Zeit ausgesetzt ist, ist ein — dem Kalksandsteine nahestehender — künstlicher Sandstein gewonnen, der jede beliebige Farbe und Körnung aufweisen kann. Die Festigkeit, Haltbarkeit und Frostbeständigkeit ist denselben Eigenschaften des Natursteines mindestens gleich zu erachten.

Nach Ermittelung der Kgl. Prüfungsanstalt für Baumaterialien in Berlin ergab sich die

---

[1]) Auf die Reinheit der Rohmaterialien, insbesondere des Sandes, ist besonders zu achten. Steine — wie die oben erwähnten — haben des öfteren weiße Ausblühungen gezeigt, welche als kohlensaures Natron erkannt und darauf zurückgeführt wurden, daß durch den Hydrosilizierungsprozeß in dem Sande vorhandenes Natriumsilikat aufgeschlossen, zersetzt und somit lösliches Ätznatron erzeugt wurde, das — herauswitternd — an der Luft sich in die Kohlensäureverbindung umsetzte.

[2]) Ein besonderes in Belgien übliches Verfahren, vergl. Bm. III, S. 196.

[3]) DRP. 34862 des Rathenower Kunstsandstein-Werkes zu Rathenow a. d. Havel.

Biegungsfestigkeit zu 35,2 kg/qcm,
Zugfestigkeit zu 29,88 „ „
Druckfestigkeit in trockenem Zustande zu 329 kg/qcm,
Druckfestigkeit in wassersattem Zustande zu 299 „ „

Auch bestanden die Steine die Frostprobe durchaus, ohne Risse oder Gewichtsverluste zu erleiden[1]).

4. Der Kunstsandstein nach dem DRP. 71298, hergestellt aus Glaspulver, Steinmehl, Sand und Ätzkalk in Verbindung mit Fluorsalzen oder wässeriger Flußsäure[2]). Fein gemahlener Glasbruch wird mit Wasser und etwas Flußsäure mehrere Stunden in gelinder Wärme und unter stetem Umrühren gemischt und hierauf einem aus trockenem, abgelöschtem Ätzkalk und feinem Sande vorher hergestellten Gemenge zugefügt; die entstehende Masse gelangt in Formen, in denen sie in der Regel 2—3 Tage verbleibt, um dann noch — bis zur Transportfähigkeit — die gleiche Zeit an der Luft zu erhärten. Hierauf kommen die Steine für 3—10 Tage in ein kaltes Wasserbad mit Zusätzen von 1% Fluornatrium, Fluorkalium, Fluorammonium oder dergleichen, alsdann weiter in ein des öfteren zu erneuerndes warmes Wasserbad von 25—30° C, um hier die etwa vorhandenen löslichen Salze abzugeben. Nach erfolgtem Austrocknen sind die festen und wetterbeständigen Steine fertig zu baulicher Verwendung. Als zweckmäßige Mischung wird empfohlen: 90% Sand, 4% Glasmehl, 5% Ätzkalk und 1% Fluorverbindungen.

5. Der Hauenschildsche Hydrokalkstein nach dem DRP. 83321[3]). Zur Verwendung gelangen zweckmäßig Abfälle aus Kalkstein- und Marmorbrüchen, sowie von Kalkbrennereien. 80—90% Kalksteinmehl oder Kalksteinsand wird mit 20—10% zu Staub gelöschtem Kalk und so wenig Wasser gut durchgemischt, daß sich gerade noch eine plastische, wenig poröse Masse bildet. Diese wird — am besten durch Maschinen — in Formen gepreßt und nunmehr einer Behandlung ausgesetzt, die der unter 1. auf S. 15 beschriebenen ähnlich ist. Nach 3—4 Tagen Lufterhärtung kann der Stein aus der Form genommen und noch weich vom Steinmetzen beliebig bearbeitet werden. Hierauf werden die in ihrer äußeren Form fertiggestellten Steine in geschlossene Räume gebracht und in diesen abwechselnd einem Dampfbade von 100° C und einem Kohlensäurestrom ausgesetzt (der gegebenenfalls als Nebenprodukt beim Brennen des Kalkes gewonnen werden kann). Die Dauer der letzteren Behandlung währt etwa 2—4 Tage.

Eine innige Vermischung der Bestandteile ist um so besser, als hierdurch infolge der großen Adhäsion des Kalkhydrats am Kalkkarbonat eine bedeutende mechanisch-physikalische Bindung erzeugt wird. Die chemische Wirkung der Erhitzung beruht auf der Bildung einer krystallinischen, hydraulischen Modifikation von Kalkhydrat, welche bewirkt, daß die Erhärtung im Inneren zum mindesten so energisch wie außen vor sich geht. Das sich unter Einwirkung der Kohlensäure bildende basische Kalkkarbonat wird an der Luft allmählich in neutralen kohlensauren Kalk umgewandelt.

Bei gutem Einstampfen in die Form entsteht ein wetterbeständiger, sehr dichter und gut polierbarer Stein, der bei sehr starker Pressung und sehr feiner Mischung sich

---

[1]) Die den vorgenannten Kunststeinen nahestehenden Kalksandsteine sollen ihrer größeren Bedeutung halber besonders in Kap. III zur Besprechung gelangen. — Desgleichen wird — wie schon auf S. 132 (14) Anm. [1]) erwähnt — auf die Nachahmungen von Sandsteinen durch Gemische, deren Bindemittel Portland-Zement ist, weiter unten bei dem Abschnitt: Zement-Kunststeine genauer eingegangen. Erwähnenswert erscheint hier nur noch das engl. Patent 3800 v. J. 1896 von W. P. Thompson-Liverpool, nach dem Sand und hydraulischer Kalk mit Oxyden von Aluminium, Kalium, Natrium, Eisen usf. in pulverisiertem Zustande zusammengemengt werden. Die entstandene Mischung wird geformt und der Wirkung überhitzten Dampfes ausgesetzt. Es entsteht ein harter, gut polierbarer Kunststein, dessen Färbung von der Wahl der Metalloxyde abhängt.

[2]) DRP. 71298 v. Wilh. Bertina in Schierstein a. Rh.

[3]) Von H. Hauenschild-Berlin.

sogar als Lithographenstein bewährt hat. Da man den Stein ferner beliebig mit Erdfarben, Metalloxyden, Farbfluaten färben und ihm alle möglichen Tönungen geben kann, so kann er auch als Dekorationsstein zur Nachahmung natürlichen Marmors Verwendung finden.

Aus Versuchen hat sich ergeben, daß gleich nach der Fertigstellung die Zugfestigkeit des Steines 13—14 kg/qcm beträgt, daß sie nach einer Woche auf 20, nach einem Monat auf 30 und später bis zu 47 kg/qcm steigt. Die Druckfestigkeiten ergaben sich in den gleichen Zeitabschnitten zu ca. 80—100, 250—270 und 300 kg/qcm[1]).

6. Kunstkalkstein nach dem DRP. 122023[2]). Zerkleinerter gebrannter Kalk und andere mineralische Stoffe — z. B. 1/3 Teil gebrannter Kalk und 2/3 Teile ungebrannter Kalkstein — werden mit Wasser zu einer plastischen Masse verarbeitet und diese bei der konstanten Temperatur von 32° C und steigendem Drucke der Einwirkung von Kohlensäure ausgesetzt. Es wird hierdurch erreicht, daß die Steinblöcke von dem Gase vollkommen durchdrungen und mit ihm gesättigt werden[3]).

Die zu feinem Pulver zerkleinerte und mit Wasser abgelöschte Masse wird in Steinform gepreßt, übertrocknet und in geschlossene Erhärtungskessel übergeführt. Die letzteren müssen sehr stark sein, weil der anfänglich nur 2—3 Atm. betragende Betriebsdruck zur Erhaltung einer gleich hohen Temperatur allmählich bis auf 20 Atm. Druck und höher gebracht werden muß.

Als Füllstoff kann ein beliebiger mineralischer Stoff Verwendung finden. Die entstehenden Steine sind zum mindesten so widerstandsfähig wie der entsprechende Naturstein und gut polierbar.

§ 4. Künstliche Sand- und Kalksteine mit siliciumhaltigem Bindemittel (Wasserglas).

Ein Gemenge von Wasserglas, Sand, Kalkstein und dergl. erstarrt in kurzer Zeit zu einem feinkörnigen, harten Kunststein. Es beruht dies auf der Fähigkeit des Wasserglases — einem löslichen Kali- oder Natronsilikate — sich mit den alkalischen Erden und deren kohlensauren und schwefelsauren Salzen, sowie mit Tonerde und Bleioxyd umzusetzen und mit der Kieselsäure unlösliche Niederschläge oder Verbindungen einzugehen. Letztere dienen dann als Bindemittel für die verschiedenartigsten Füllkörper zur Herstellung von Kunststeinen.

Das Wasserglas wird entweder in trockenem Zustande oder in wässeriger Lösung verwendet; als Füllstoffe können neben Sand und Kalkstein auch andere Steinbruchteile, Flußspat, ungebrannter und gebrannter Ton (Ziegelabfälle) in mehr oder minder feiner Mahlung Verwendung finden; auch kann dem Gemisch durch geeignete Farbbeimengungen jede beliebige Tönung[4]) verliehen werden.

---

[1]) Die Zugfestigkeit des natürlichen Kalksteins beträgt im Mittel etwa 30 kg/qcm, die Druckfestigkeit schwankt zwischen 400—1500 kg/qcm.

[2]) Vergl. Tonind.-Z. 1901, II, S. 1712. Pat. vom 10. Aug. 1900. Inhaber: M. Thorn u. A. Ch. Oakes.

[3]) Letzteres ist nicht der Fall, wenn — wie z. B. bei dem DRP. 51692 — der Druck dauernd gleich hoch und dementsprechend die Temperatur nicht gleichmäßig auf bestimmter Höhe erhalten wird; hier wird vielmehr alsdann durch die unter Druck stehende Kohlensäure nur die äußere Schicht durchdrungen und durch die somit hierselbst sich bildende Kruste von kohlensaurem Kalk ein Eindringen der Kohlensäure in das Innere der Steinmasse verhindert.

[4]) Verwendet wird für: schwarz — Kohle, Graphit (bis 12%); braun — Brauneisenstein, dunkler Ocker (rd 8%); rot — Eisenoxyd (rd 6%); ziegelrot — Zinnober (4—7%); Orange — Mennige (6—8%);

Viele der mit Wasserglas angemengten Steine besitzen mehr oder weniger die unliebsame Eigenschaft, sich unter der Einwirkung der Luft oberflächlich mit einer weißen, häufig feuchten Ausschwitzung von Alkalikarbonat zu bedecken. Es hat dies seinen Grund darin, daß bei der vorerwähnten Zersetzung neben dem unlöslichen kieselsauren Kalke Natriumkarbonat und Ätznatron entstehen. Während das erstere Salz durch Auslaugen der Steine — weil löslich — leicht entfernt werden kann, sucht man die Bildung von Ätznatron durch Zusatz von amorpher Kieselsäure zum Kunststein zu hindern, da alsdann letztere vom entstehenden Natron unter Bildung von Wasserglas gelöst wird. Auch hat sich ein Bestreichen der trockenen Steine mit Kesslerschen Fluosilikaten als günstig gegen die Auswitterungen gezeigt.

Einzelne bekannte, auf oben erwähnte Art hergestellte Kunststeine sind:

1. Der Kunstkalkstein nach dem DRP. 63410[1]). Wasserglas in pulverisiertem Zustande wird mit Kalkstein und Sand gleichmäßig gemengt. Durch Zusatz von Wasser wird hierauf Wasserglas in seine Lösung übergeführt, um nunmehr mit dem in der Masse gleichmäßig verteilten Kalke ein unlösliches Gerippe von kieselsaurem Kalk zu bilden, das die ganze Masse durchzieht und die Sandkörner gleichmäßig und innig bindet.

2. Der Kunstkalkstein nach dem DRP. 120471[2]). Der Grundzug der Herstellung beruht darauf, daß Steine aus gebranntem Kalk und einem löslichen Silikat (Wasserglas) in der Art gewonnen werden, daß durch mehrfache chemische Umsetzung die im löslichen Silikate enthaltene Kieselsäure frei gemacht und an den Kalk gebunden wird.

Wasserglas wird zunächst durch Vereinigung mit einer Lösung von Eisenvitriol an das Metall — Eisen — gebunden; es bildet sich schwefelsaures Natrium und flockiges kieselsaures Eisen; mit dieser Mischung wird zu Pulver gemahlener gebrannter Kalk durchtränkt, wobei der Kalk dem Eisen die Kieselsäure entzieht und mit dieser nach kurzer Zeit zu einer festen Masse erstarrt.

3. Strucks künstliche Steinmassen. Nach einem durch Patent geschützten Verfahren werden Gemenge verschiedenster Mineralien durch ein Bindemittel vereinigt, das aus kohlensaurem Kalk und Wasserglas besteht. Die gepulverten Bestandteile werden wegen des schnellen Erstarrens des sich bildenden Kalksilikates, rasch mit Wasserglas vermengt, geformt, unter hohem Drucke gepreßt und bis zu 50° C getrocknet. Da durch die chemische Umsetzung sich kohlensaures Natrium (Soda) im Stein bildet, das längere Zeit als Auswitterung an der Oberfläche des Steines sich zeigen würde, so müssen die ertigen Steine zur Beseitigung der Soda noch längere Zeit einem Auslaugeprozeß unterworfen werden. Aus der Kunststeinmasse werden hergestellt künstlicher Marmor (Beimengung: zerkleinerte Mineralien verschiedenster Art), gewöhnliche Bausteine, Rohre (Füllmaterial: Sand und gebrannter Ton), Mühl- und Schleifsteine.

4. Kunststein nach dem DRP. 112947[3]). Die Kunstmasse, zu Verputz, Belag- und Isolierplatten, wie Kunststeinen gleichmäßig geeignet, besteht aus 56 Teilen kieselsaurem Natron, 27 Teilen kohlensaurem Kalk und 17 Teilen Holzmehl. Sie wird dadurch hergestellt, daß zunächst Kreide fein zerrieben mit Holzmehl gemengt wird und dieser

---

gelb — gelber Ocker (6%), Chromgelb (5%); grün — Chromgrün (8%); blau — Neuwieder- oder Bremerblau, Kasselerblau, Napoleonsblau etc. (6—10%); weiß — Zinkweiß (bis 20%). Insofern die Farbstoffe Metalloxyde sind, nehmen sie an der chemischen Umsetzung teil, es bildet sich alsdann neben dem Kalk- ein Metallsilikat.

[1]) Von Schulte im Hofe zu Gelsenkirchen.

[2]) Von M. Lorenz, pat. vom 27. Juni 1900. Vergl. Tonind.-Z. 1901, I, S. 1157.

[3]) Vgl. Tonind.-Z. 1900, II, S. 1470. Pat. v. 22. Jan. 1899.

Mischung alsdann die Wasserglaslösung zugesetzt wird. Es entsteht durch Pressen eine so elastische Masse, daß eine Bearbeitung jeder Art möglich ist. Das leichte, sehr biegungs- und zugfeste Material kann gebohrt, gesägt, genagelt, auch poliert werden, ist ferner wasser- und feuerbeständig und ein schlechter Wärmeleiter.

§ 5. Kunststeine aus Abfällen natürlicher Steine, hergestellt ohne Verwendung von zementartigen Bindemitteln.

1. Inkrustatstein[1]) von Schmülling. Mit einem Bindemittel, das Fabrikgeheimnis ist, werden verschieden große Steinsplitter jedes beliebigen natürlichen Gesteins verkittet. Die in breiigem Zustande in die Form eingeknetete Masse wird, wenn erhärtet, bearbeitet und gestattet Scharrieren, Kröneln, Spitzen, Schleifen und Polieren; sie ist durchaus volumen- und wetterbeständig und ermöglicht — je nach der Art des verwendeten Steines — die Nachahmung jeden Natursteins in Gefüge und Farbe.

2. Kunststein aus Granit-, Marmor-Steinschlag oder dergleichen nach dem englischen Patent 15318 (vom 9. VII. 1901). Steinschlag aus Marmor, Granit oder anderen Steinarten, welche nachgeahmt werden sollen, wird gemahlen und mit Zinkoxyd gemischt. Das trockene Gemenge wird durch Zusetzen einer Lösung von Zink und Borax in Salzsäure zähflüssig gemacht und in dieser Form entweder als Putz aufgetragen oder zum Gießen von Kunststeinen verwendet, gegebenenfalls unter Hinzufügung von Farbstoffen. Die Steine werden schließlich unter kräftigem Drucke gepreßt.

3. Kunststeine aus Granit[2]). Natürlicher Granitstein wird bei hoher Temperatur gebrannt und alsdann gepulvert; hierauf die Masse mit fein zermalenem Feldspat und Kaolin in bestimmtem Verhältnisse gemischt, mit Wasser bis zu einer plastischen Beschaffenheit gemengt, unter hohem Druck in die gewünschte Form gepreßt und hierauf getrocknet. Alsdann werden die Steine bei 1650° C gebrannt, wobei sie zu einer gleichartigen, wenig porösen, frostsicheren, kaum wassersaugenden, feuer- und säurebeständigen, jedoch wenig festen[3]) Masse zusammenschmelzen.

4. Künstlicher Granit, DRP. 61264[4]). Beliebige Silikate (1—5 Teile), welche bei hoher Temperatur amorph werden (z. B. Silikatschlacke, Bruchstücke von Silikatgesteinen u. a. m.), werden mit tonhaltigem Sande[5]) (10—15 Teilen), sowie einer geringen Menge unschmelzbarer Erden (Infusorienerde) und Stückchen von Silikatgesteinen, Marmor oder dergleichen, sowie etwas Flußspat (3—6% der Gesamtmasse) vermischt, fein gemahlen und bei 2000° C im Regenerativofen bis zur Leichtflüssigkeit geschmolzen. Die sich bildende Masse wird mit einem ähnlichen, jedoch zähflüssigen und nur aus Hochofenschlacke und Sand hergestellten, erforderlichen Falles durch Oxyde gefärbten Gemenge vermischt. Durch die verschieden große Zähigkeit beider Massen bilden sich beim Zusammenmischen derselben ungleichmäßig verteilte Streifen, Marmorierung, Sprenkelung, Aderung u. dergl. Werden die der ersten Mischung zugesetzten Bruchstücke von Naturgesteinen derartig zu der Masse zugesetzt, daß sie nur teilweise schmelzen und somit mit der Schmelze zwar innig verbunden, jedoch noch als Körner in der Masse auftreten, so ist eine Nachahmung beliebiger Natursteine unschwer zu erreichen. In ähnlicher Weise werden auch in Amerika künstliche Steine dadurch erzeugt, daß in Glasschmelzöfen oder

1) U. a. als künstlicher Marmor im Reichstagsgebäude verwendet. Auch als Putzmittel bewährt.
2) Vergl. Tonind.-Z. 1901, I, S. 1086. Eine amerikanische Erfindung.
3) Druckfestigkeit 38—85 kg/qcm
Zugfestigkeit 5,8—7,0 „
4) Von George v. Wernaer-Berlin.
5) Der infolge seines Tongehaltes beim Schmelzen keine glasige Masse ergibt.

ähnlichen, die notwendige Temperatur erzeugenden Konstruktionen, gepulverte Steintrümmer einer oder mehrerer Steinmaterialien (ausgeführt u. a. bei Granit) zusammengeschmolzen, in Formen gebracht und stark zusammengepreßt werden. Hierher gehört auch ein nach dem DRP. 138837[1]) durch Schmelzen von beliebigen, im Erdboden vorkommenden Rohmaterialien hergestellter Kunststein. Die in geeigneten Schmelzöfen hergestellten, einen gewissen Grad von Dehnbarkeit hierbei erhaltenden Steine werden zunächst durch heiße Luft langsam gekühlt und alsdann in Bäder aus geschmolzenem Blei oder Zink getaucht; hierdurch nimmt das Material die gewünschte Elastizität an. Die weitere Abkühlung findet unter Verwendung warmer Sandbäder oder dergleichen statt.

5. Wurlitzit[2]). Das von B. Hess & Co. im Dorfe Wurlitz bei Oberkotzau (auf der Bahnlinie Hof-Asch-Eger) hergestellte künstliche Steinmaterial besteht in seiner Hauptsache aus gemahlenem Serpentin, der mit Bindemitteln vermengt, unter hohem hydraulischem Drucke in Hohlformen gepreßt und in Porzellanöfen gebrannt wird. Der im Bruch graugefärbte, äußerlich dunkelbraune, feinkörnige Stein von 18 × 11 × 15 bzw. 27 × 11 × 15 cm Kantenlängen zeigt ein Raumgewicht von 2,46 und ist ein außerordentlich zähes, festes Straßenbaumaterial. Seine Zähigkeit ist derart groß, daß man mit einem Hammer in seine Oberfläche wie seinen Bruchquerschnitt Vertiefungen schlagen kann, ohne daß Risse entstehen oder Teilchen absplittern; es finden somit auch die Pferdehufe einen besonders festen Halt auf der Steinoberfläche. Die Druckfestigkeit beträgt nach Beobachtungen der Berliner und Münchener Materialien-Prüfungs-Stationen: i. M. in luftrockenem Zustande 2750 kg/qcm, wassersatt 2080 kg/qcm, an der Luft gefroren 1788, unter Wasser gefroren 2357. Als Wasseraufnahme ergab sich: nach 12 Stunden 0,8 %, nach 125 Stunden 1,8 % des Trockengewichtes. Als Abnutzungsgröße beim normalen Bauschingerschen Abschleifversuche wurden 9,7 ccm[3]) ermittelt. Die in München, Hamburg, Nürnberg mit Wurlitzit ausgeführten Probestrecken haben sich bewährt. Ein Gutachten der Münchener Baukommission besagt im besonderen, daß die Abnutzung sehr gleichmäßig vor sich gegangen und keine größere gewesen ist, als wie bei einem mittelharten Granitpflaster, daß ferner die Pferdehufe wegen der Rauheit der Steinoberfläche und der Zähigkeit des Materials einen besseren Halt finden, als bei irgend einem anderen Straßenbaumaterial, daß die Räder nicht rutschen und das Pflaster sich durch eine auffallende Geräuschlosigkeit auszeichnet. Hierzu kommt noch, daß infolge der gleichmäßigen Zusammensetzung und Form ein mehrmaliges Umlegen der Steine ermöglicht wird.

6. Steine aus Schieferabfällen[4]). Abfälle von Tonschiefer werden in England in der Art zur Herstellung eines ziegelähnlichen Steinmaterials benutzt, daß man sie fein pulvert, im Mischzylinder mit wenig Wasser bis zu einer gerade noch plastischen Masse vermengt, sie mittelst Trockenpressen unter hohem Drucke preßt und hierauf bis zur Sinterung brennt. Es wird mitgeteilt, daß der so gewonnene Stein in bezug auf Dichtigkeit, Härte und Wasseraufnahmefähigkeit dem gewöhnlichen Ziegelsteine nahesteht, dabei aber erheblich billiger ist und eine Druckfestigkeit von rund 1100 kg/qcm aufweist.

In ähnlicher Weise[5]) werden auch in Deutschland poröse Mauerziegel aus

---

[1]) Von Paul Timofeef vom 16. Juli 1901.

[2]) Vergl. u. a. Bm. III, S. 41 u. D.-B. 1893, S. 287/288 u. Gesundheitsingenieur 1894 (v. H. Chr. Nußbaum, geräuschloses Pflaster).

[3]) Nach Versuchen der Berliner Versuchsstation (B.-M. 1892, Heft 5) beträgt bei 180 untersuchten Graniten und Porphyren der Gewichtsverlust beim Abschleifversuche 4,3—15,9 ccm, im Mittel 10,1 ccm, also noch mehr als im obigen Falle.

[4]) Vergl. Deutsche Töpfer- und Zieglerzeitung 1887.

[5]) Vergl. Bm. I, S. 131.

Kohlenschieferabfällen erzeugt. Das Steinprodukt besteht aus Schieferabfällen und Ton, die auf besonders konstruierten Sondermaschinen unter Wasserzusatz zerkleinert und gemischt werden. Das Gemenge gelangt alsdann in eine Ziegelpresse, um diese in Form von Voll- oder Hohlsteinen zu verlassen; letztere — um nicht zu Klumpen zusammen zu sintern —, bei einer nicht allzu hohen Temperatur gebrannt, zeichnen sich durch große Druckfestigkeit, Wetterbeständigkeit und geringe Fortpflanzung von Wärme und Schall aus.

Schieferabfälle als Grundmasse zur Herstellung von Kunststeinen benutzt ferner das DRP. 144284[1]). Nach diesem wird Schiefer — besonders bevorzugt wird Kiesel- oder Glimmerschiefer — fein gekörnt oder pulverisiert und mit verdünnter Säure[2]) vermengt, die aus 1—3 R. T. Salzsäure, 2—4 R. T. Salpetersäure und 100 R. T. Wasser besteht. Das hiermit gut durchfeuchtete Schieferpulver wird alsdann in Steine von der gewünschten Form gepreßt, 6—12 Stunden an der Luft getrocknet und hierauf zwecks Aufschließung der Kieselsäure und Erhärtung der Einwirkung von Wasserdampf von 6—8 Atm. Druck im geschlossenen Kessel ausgesetzt. —

Ferner gehört hierher der Kunststein von Karl Lindner zu Lehesten in Thüringen. Gepulverter Schiefer wird mit gelöschtem, ebenfalls gepulvertem Kalk und einer so großen Menge von Wasserglaslösung zusammengebracht, daß alles Kalkhydrat durch den Kieselsäuregehalt des Wasserglases in kieselsauren Kalk[3]) übergeführt wird. Die mörtelartige Masse wird in Formen eingeknetet und ist nach einigen Stunden — hierbei schwindend — vollkommen erhärtet. Die ausgeformten Steine werden nunmehr entweder an der Luft langsam, oder in steigender Wärme kürzere Zeit getrocknet, bis sie vollkommen hart sind; auch können die Steine gebrannt und mit Glasur versehen werden.

7. Steine aus Seeschlick[4]). Seeschlick wird zu pastenartiger Konsistenz getrocknet, mit Kalkhydrat bis zu 5 % gemischt und zunächst zu Steinen geformt. Der lufttrockene, wasserbeständige Stein wird alsdann einem Auslaugeprozeß zur Entfernung der löslichen Salze unterworfen, wieder getrocknet und bei Temperaturen über 100° gedörrt, oder, wenn er im Äußeren Verwendung finden und wetterfest werden soll, gebrannt. Will man den Stein noch dauerhafter und härter bilden, so wird der Steinmasse kristallisiertes Eisensulfat zugemengt; es bildet sich alsdann im Steine Eisenoxyd und Gips. Der in seinen Eigenschaften dem rheinischen Schwemmsteine ähnliche und gleichartig zu verwendende Baustoff zeigt ein Raumgewicht von rd 1,10. —

8. Kunstmarmor nach dem DRP. 116261[5]). 75—80 T. fein gepulverter Kreide werden mit einem aus 5 T. Glyzerin, 20 T. Leim und Leinöl bestehenden Bindemittel zu einem plastischen, zähen Teige zusammengemengt und in Formen gepreßt. Die langsam getrockneten Steine sollen ein durchaus marmorähnliches Aussehen erhalten, im besonderen durch das Glyzerin, welches dem Stein ein mineralisches Gefüge erteilt. —

9. Löw'sche Kunststeinmasse[6]). Die in der Hauptsache aus Gesteinspulver — feinem Sand, ungebranntem Gips, Kalkstein, Straßenstaub oder dergl. — hergestellten Kunststeine zeigen als Bindemittel unlösliche Harzseifen[7]), auch Kohlenwasserstoffver-

[1]) von F. Boirie, patent. vom 16. Febr. 1901. Vergl. Tonind.-Z. 1903, II, S. 1945.

[2]) Das Verfahren erinnert an die Herstellung von Kunststeinmaterial aus gepulvertem Kalk, Sand oder ähnlichen Körpern mit verdünnter Salzsäure; letztere hat hierbei allerdings den Zweck, eine möglichst gleichmäßige Mischung des Kalkes zu sichern.

[3]) Verwendet man an Stelle von Kalkhydrat Zement, so bildet sich ein kieselsaurer Tonerdekalk.

[4]) Vergl. Tonind.-Z. 1899, I, S. 340.

[5]) Von B. Neuburger u. J. W. Witz, pat. v. 18. Jan. 1899; vergl. Tonind.-Z. 1900, II. S. 276.

[6]) In München hergestellt.

[7]) Die Harzseife ist eine Kalkharzseife, gewonnen während des Prozesses aus Ätzkalk und Harz (durch Erhitzung) als ein Körper von weißer oder gelber Farbe und bedeutender Härte. Als Harz

bindungen von hohem Siedepunkte. Ätznatron, Harz und Gesteinspulver werden in Mischtrommeln zu Pulver gemahlen und innig vermengt, alsdann in Formen gestampft und einer Temperatur von 150—160°C ausgesetzt. Bei dieser Hitze findet die Bildung der Kalkharzseife als zähe formbare Masse statt. Die Steine werden hierauf frisch gepreßt und einer langsamen Abkühlung unterworfen. Zur Färbung der Masse dürfen naturgemäß nur solche Farben Verwendung finden, welche von Ätznatron nicht angegriffen werden, also z. B. Zinnober, Eisenoxyd, Roteisenstein, Chromgelb, grünes und blaues Ultramarin usw. Die Kunstmasse, welche feste, harte und wetterbeständige Steine ergibt, findet Verwendung zur Herstellung von Platten für Fußwege, zu Bausteinen, Röhren usw. Zur Herstellung eines künstlichen Marmors wird als Füllstoff ein Gemenge von Sand und Kreide empfohlen.

Kapitel III.

Kalksandsteine.

§ 6. Die Kalksandsteine im allgemeinen.

Nach den Beschlüssen des Vereins der deutschen Kalksandsteinfabrikanten ist unter einem Kalksandstein ein Kunststein zu verstehen, der durch eine innige Vermengung von Sand und Kalk entstanden, in Ziegelform gepreßt und unter Dampfdruck erhärtet ist. Das früher durch Patent geschützte Verfahren steht heute zur Ausübung einem jeden frei, die noch gültigen verschiedensten Patente beziehen sich[1]) vorwiegend auf die Herstellung des möglichst trockenen und — um eine nachträgliche Volumenvergrößerung unter der Einwirkung des hochgespannten Wasserdampfes zu verhindern — dabei weitgehendst abgelöschten Kalkes; sind doch bei dem durch Eintauchen in Wasser gelöschten und nachher zerfallenen Kalk fast stets noch Teilchen vorhanden, die nachher treiben, ein Umstand, der für die oft verschiedene Güte des Kunststeines von besonderer Bedeutung ist. —

Als Erfindungen, welche die hohe Entwickelung der heutigen Kalksandsteinindustrie angebahnt und gefördert haben, seien erwähnt:

Durch das Verfahren von Dr. Zernikow (Oderberg i. d. M.) wurde der kieselsaure Kalk in der Mörtelmasse selbst gewonnen; hierbei wurde ein Gemisch aus Sand und kolloidalem (d. i. sehr fein verteiltem) Kalkhydrat in einem mit Rührwerk versehenen Kessel mehrere Tage hindurch unter hohem Dampfdrucke gekocht. Die Masse wurde stehen gelassen, bis sie breiige Beschaffenheit erlangt hatte, und dann in Formen gebracht. Das in der Ausführung umständliche Verfahren wurde von Dr. Michaelis alsdann in der Weise geändert, wie es noch heute die Kalksandsteinherstellung in ihren Hauptzügen beherrscht. Dr. Michaelis kehrte die Zernikowsche Methode um, indem er erst Formsteine aus Kalkhydrat und Sand herstellte und in diesen nunmehr das Bindemittel dadurch erzeugte, daß er sie hochgespanntem Wasserdampf aussetzte. Es muß somit Dr. Michaelis als der Vater der neueren Kalksandsteinindustrie angesehen werden[2]).

---

empfiehlt sich Fichtenharz, das amerikanische im besonderen wegen seiner hellen Farbe für helle Kunststeine.

[1]) Vergl. u. a. D.-B. 1901, S. 16.

[2]) Dr. W. Michaelis erhielt im Jahre 1880 ein Verfahren zur Erzeugung von Kunstsandsteinen patentiert, das auf der Einwirkung hochgespannter Dämpfe auf Gemenge von Kalkhydrat und

Nach dem DRP. 34862 versuchte Avenarius Kunstsandsteine unter Anwendung von Ätzkalk und durch Löschen derselben bei gehinderter Ausdehnung herzustellen. Die mit dem Kalksandsteingemische gefüllten, eisernen Formkästen wurden zu diesem Zwecke in dampfdicht verschlossene Kessel geschoben und hierselbst während dreier Tage einem Dampfdruck von 3—4 Atm. ausgesetzt.

Im DRP. 76246 ersetzte Neffgen den hochgespannten Dampf durch mit Feuchtigkeit gesättigte warme Luft. Zu diesem Zwecke brachte er ein Gemisch von gepulvertem gelöschten Kalk und trockenem Sand (oder feuchtem Sand und ungelöschtem Kalk) zur Durcharbeitung (bezw. zugleich zur Ablöschung des Kalkes) in Heißmischer, preßte hierauf die Masse in Formen von gewünschter Gestalt und setzte die entstandenen Steine in Brühkammern ein, welche Kessel mit Wasser enthielten und auf der Temperatur von 95° C während mehrerer Tage erhalten wurden. —

Dr. Olschewsky-Berlin suchte einerseits den zum Erhärten notwendigen Dampf durch die beim Kalklöschen entstehende Wärme zu erzeugen, andererseits die Bildung von reinem kieselsaurem Kalke als Bindemittel dadurch zu befördern, daß er zur Trocknung der Steine kohlensäurefrei gemachte, erhitzte Luft verwendete und die spätere Erhärtung wie Michaelis im Dampfkessel vornahm; auch erstrebt er die Ablöschung des Kalkes dadurch zu verbessern, daß das hierzu erforderliche Wasser nicht als solches, sondern in Form niedrig gespannten Wasserdampfes eingeführt wird (DRP. 82785 und 108245).

Daneben wurde auch versucht, durch Zusetzung von Chemikalien beim Löschen des Kalkes oder während der Dampferhärtung die Steinbildung zu erleichtern. In dieser Hinsicht sei als Beispiel das Patent Kleber (DRP. 103777) erwähnt, das pulverisierten Kalkstaub verwendet, der mit nassem Sande unter Zusatz von Salzsäure gelöscht wird. Die beim Löschen entstehende Wärme wird zum Trocknen des Gemenges benutzt[1]).

Schließlich sind noch die verschiedensten, durch Patente geschützten Erfindungen zu erwähnen, welche sich auf Herstellung maschineller Einrichtungen zur Erzeugung von Kalksandsteinen beziehen und weiter unten zum Teil erwähnt werden.

---

§ 7. Theoretische Erörterungen über die Entstehung der Kalksandsteine[2]).

Durch Einwirkung des Kalkhydrates auf den Quarzsand bezw. auf die gebundene Kieselsäure von Kieselgesteinen findet ein Aufschließen der Kieselsäure statt; es entstehen somit in den Steinen Calciumhydrosilikate. Auf die Bildung dieser ist von Einfluß zunächst das Mischungsverhältnis von Sand und Kalkhydrat. Da Versuche ergeben haben, daß eine Vermehrung des Kalkes über 10 % der Gesamtmischung hinaus bei einem

---

Sand bei Temperaturen von 130—300° C und in dazu geeigneten Apparaten beruhte. Das Verfahren versagte praktisch wegen der ungenügenden Ausnützung der immerhin recht kostspieligen Wärme, ohne die ein brauchbarer Stein nicht zu erhalten war. Vergl. D.-B. 1899, S. 434.

[1]) Ein anderes Kleberisches österreichisches Patent (Nr. 12028) ist dadurch ausgezeichnet, daß zunächst die unverformte Mischung von Kalk und Sand mit einer geringen Menge von Wasser als zur vollständigen Löschung des Kalkes notwendig ist (z. B. unter Verwendung mäßig nassen Sandes), angefeuchtet und dadurch in ein heißes Pulver übergeführt wird. Die erzeugte Wärme bewirkt bereits jetzt die Bildung von Kalksilikaten. Die vollkommene Löschung des Kalkes findet alsdann durch eine erneute Mischung mit Wasser statt, an die sich die normale Weiterbehehandlung des Formgutes anschließt.

[2]) Vergl. den Aufsatz von M. Glasenapp über diesen Gegenstand in Bm. V, S. 324, dem die obigen Mitteilungen zum Teil entnommen sind.

Drucke im Dampferhärter bis zu 5 Atm. und bei gleicher Korngröße des Sandes keine Vermehrung der löslichen Kieselsäure bedingt, so empfiehlt es sich aus Gründen der Wohlfeilheit, die Grenze von 10 % nicht zu überschreiten. Üblich sind bei der Fabrikation meist 7—10 % Kalkhydrat und 93—90 % Sand.

Weiter beeinflußt die Entstehung des Bindemittels die bei der chemischen Umsetzung wirksame Oberfläche des Sandkornes, also dessen Größe und Gestalt. Untersuchungen mit grobem, scharfkörnigem Sande von 0,6—1,0 mm bezw. 0,2—0,3 mm Durchmesser haben gezeigt, daß bei einem Dampfdrucke von 10 Atm. eine Vermehrung der löslichen Kieselsäure bei Anwendung von grobem Sande nicht bemerkbar ist, daß dies jedoch bei feinem Sande in erheblichem Maße eintritt.

Von Wichtigkeit ist ferner die Höhe der Dampfspannung im Erhärtungskessel. Hier hat sich gezeigt, daß die Aufschließung des Quarzsandes sowohl beim groben als beim feinen Sande hauptsächlich durch Erhöhung der Dampfspannung im Druckkessel bedingt ist; so wurde z. B. bei 10 Atm. und gröberem Sande das Achtfache an löslicher Kieselsäure erzielt gegenüber einem Drucke von nur 5 Atm. Auch ist der Feingehalt des Sandes bei gleichem Betriebsdrucke von wesentlichem Einflusse auf die Menge der löslichen Kieselsäure; es ergab feiner Sand mit 10 % Ätzkalk bei 5 Atm. nahezu das Siebenfache an löslicher Kieselsäure gegenüber grobem Sande unter den gleichen Versuchsverhältnissen, ein Ergebnis, das annähernd der wirksamen Oberfläche beider Sandkörnungen entspricht. Bei 10 Atm. sind die Differenzen geringer; doch ergibt sich auch hier, daß der feine Sand das Zweiundeinhalbfache bis Vierfache an löslicher Kieselsäure gegenüber dem grobkörnigen Material ergibt. Will man demgemäß mit niedriger Dampfspannung Kalksandsteine herstellen, so muß der Sand sehr fein sein, um die genügende Menge an Kieselsäure-Bindemittel zu liefern.

Es ist nicht zu erwarten, daß aller Kalk durch die lösliche Kieselsäure gebunden und in ein festes Hydrosilikat übergeführt wird; vielmehr wird der frisch gedämpfte Stein — wenn nicht besondere Maßregeln getroffen werden oder eine Nachbehandlung eintritt — stets eine größere oder geringere Menge von Calciumhydroxyd aufweisen; dieses geht beim Liegen der Steine an der Luft unter Abspaltung von Wasser allmählich in Kalkcarbonat über. Jedenfalls aber ist die nach dem Dämpfen sich zeigende, sehr erhebliche Festigkeitsvergrößerung in allererster Linie auf die Bildung der Hydrosilikate zurückzuführen. Der Stein wird in der Regel um so besser sein, je weniger Calciumhydroxyd er noch enthält, je geringer also später die Menge an kohlensaurem Kalk ist.

Bemerkenswert ist noch der mit der Menge an löslicher Kieselsäure im Verhältnis stehende Gehalt der fertigen Steine an Tonerde und Eisenoxyd, herrührend von der Zersetzung des im Sande enthaltenen Feldspates. Da letzterer wahrscheinlich leichter als Quarz aufgeschlossen wird, so empfiehlt Glasenapp einem feldspatreichen Sande der Vorzug zu geben[1]).

[1]) Vergl. auch Tonind.-Z. 1900, S. 1703. Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Verhalten des Feldspats gegenüber dem Quarz hinsichtlich des Einflusses des gelöschten Kalkes vermag Rinne aus Dünnschliffen nicht abzuleiten. Tonind.-Z 1903, I, S. 193 u. 1903, II, S. 2091. Nach Versuchen von S. V. Peppel (Tonind.-Z. 1903, II, 2014) hat sich ergeben, daß die mit 10 % Feldspat hergestellten Kalksandsteine eine Abnahme der Druckfestigkeit, jedoch eine Zunahme der Zugfestigkeit aufweisen, auch bei den Frostversuchen geringere Festigkeitsabnahme zeigen. Vorsicht mit Feldspat erscheint jedoch bei einem Betriebsdruck von mehr als 10 Atm. deshalb geboten, weil hier Pottasche oder Sodasalze frei werden können, die nachträgliche Ausblühungen am Steine zur Folge haben dürften. Bis zu 8 Atm. erscheinen jedoch Bedenken gegen Verwendung eines feldspatreichen Sandes nicht gerechtfertigt.

§ 8. Die Rohmaterialien zur Herstellung der Kalksandsteine.

1. Der Sand. Der zu verwendende Sand soll möglichst reiner Quarzsand sein, um eine entsprechend große Menge löslicher Kieselsäure zu gewährleisten. Daß eine Beimengung von Feldspat im allgemeinen eher nützlich als schädlich ist, geht aus den vorstehenden Ausführungen sowie aus Anm. 1 auf S. 142 (24) hervor. Gegen einen höheren Tonzusatz zum Sande oder Verwendung eines stark tonhaltigen Sandes haben sich Erfahrung und Praxis ausgesprochen[1]), da im Verhältnisse der Menge des zugeführten Kaolins die Zugfestigkeit und die Druckfestigkeit der Steine merklich abnimmt. Ein vermehrter Kalkzusatz — bedingt durch die nunmehr notwendige Erzeugung sowohl eines Kalkhydrosilikates als auch eines Kalkaluminats — arbeitet zwar der Einwirkung des Tons entgegen, muß aber als unwirtschaftlich bezeichnet werden. Zudem ist ein starker Tongehalt auch nicht selten als Grund des Zerfrierens von Kalksandsteinen gefunden worden. Bis zu $2^1/_2$ % ist jedoch ein Tonzusatz in obigen Hinsichten unschädlich, ja er wirkt insofern günstig auf die Fabrikation des Steines ein, als er das Formen dieser erleichtert und die Reibungswiderstände in den Preßformen verringert[2]). Nicht verwendbar ist (abgesehen von geringer Beimengung) kalkhaltiger Sand, da sich hier keine chemische Verbindung bildet. Verwendet wird meist zur Verringerung der Hohlräume eine Mischung von grob- (etwa 60—70 %) und feinkörnigem (etwa 40—30 %) Sande[3]). Vom ersten ist zu fordern, daß die Korngröße derart ist, daß er durch ein Sieb von 1—2 mm Maschenweite hindurchfällt.

Wenn kein geeigneter Sand vorhanden ist, kann auch unter Benutzung von Brechwerken, Kollergängen, Walzwerken und Kugelmühlen[4]) von zerkleinerten Silikatgesteinen Gebrauch gemacht werden; hier ergibt sich in der Regel der Vorteil, daß die einzelnen Steinteilchen splitterig brechen, eine rauhe Oberfläche erhalten und sich im Steinkörper derart in- und aneinander schieben, daß ein geringerer Zusatz von Bindemitteln zur Erhärtung ausreicht. Auch mit Meeressand[5]) sind gute Erfahrungen gemacht worden, wenn derselbe ausreichend ausgelaugt[6]), scharfkantig und von verschiedenem Korn ist. Am besten hat sich der Sand in Höhe der gewöhnlichen Flut bewährt, am wenigsten leichter Dünensand, der infolge seines gleichmäßigen Korns eine relativ große Menge an Hohlräumen aufweist und somit einerseits viel Kalk beansprucht, andererseits deshalb einen zu wenig porösen Stein ergibt. — In letzterer Beziehung ist derjenige Sand am besten, welcher eingerüttelt die wenigsten Hohlräume enthält und demgemäß

[1]) Vergl, Tonind.-Z. 1903, II, S. 2057.

[2]) Trotz der Nachteile, welche größere Tonmengen für die Kalksandsteine im Gefolge haben, wird vielfach versucht, derartige Steine herzustellen, z. B. in dem österr. Pat. 11420 vom 1. Juli 1900. Hierin ist ein Verfahren zur Herstellung von Mauersteinen und anderen Kunststeinen von beliebiger Form geschützt, gekennzeichnet durch den Zusatz von Ton in naturfeuchtem Zustande oder als getrocknetes Pulver zu einer Kalk-Sandmischung, die sonst wie üblich weiter behandelt wird. Als Mischung wird empfohlen 100 T. Kalk, 30 T. Ton, 870 T. Sand, oder 100 Kalk, 200 Ton, 700 Sand.

[3]) Nach neueren Versuchen von Peppel ergibt sich, daß sich die Druckfestigkeit entsprechend der Abnahme des groben Sandes im Verhältnisse zum feinen Sande verminderte, während die Zugfestigkeit an Höhe zunimmt.

[4]) Genaueres hierüber vergl. bei Ernst Stöffler (Zürich), Die Kalksandsteinfabrikation, Verlag der Tonindustriezeitung 1904, S. 16—22.

[5]) Vergl. Tonind.-Z. 1900, II, S. 1954.

[6]) Meeressand muß von den anhaftenden Salzkristallen vollkommen befreit werden, da diese nicht nur spätere Auswitterungen aus dem fertigen Steine bedingen, sondern auch den Erhärtungsprozeß erheblich stören.

den geringsten Kalkgehalt erfordert[1]); denn die Erfahrung hat gezeigt, daß die Steine um so luftdurchlässiger werden und dementsprechend gesunde Wohnungen abgeben[2]), je mehr der gesamte Kalk an Kieselsäure gebunden, je weniger kohlensaurer Kalk also im Steine enthalten ist; letzteres tritt umso weniger ein, je geringer die absolute Menge des Bindemittels überhaupt ist.

Der Wassergehalt des Sandes schwankt je nach der Gewinnungsstelle und der Art der Lagerung. Da bei den verschiedenen Arten der Kalksandsteinherstellung und der jeweiligen Sandmischung die Wassermenge eine sehr wichtige Rolle spielt, so ist der Wassergehalt des Sandes einer dauernden Beobachtung zu unterziehen; im allgemeinen kann man annehmen, daß der natürlich feuchte Sand etwa 6 % Wasser im Mittel enthält und ein Wassergehalt von 8—11 % günstig für Herstellung des Kalksandgemisches und seine Preßbarkeit ist. Es erscheint daher zweckmäßig, falls die Sandlager nicht unmittelbar in Bergen liegen, in die die atmosphärische Feuchtigkeit nur oberflächlich eindringt, große überdeckte Sandlagerplätze einzurichten.

Hin und wieder findet auch eine künstliche Trocknung des Sandes statt, um die Feuchtigkeit des Mischgutes ganz genau regeln zu können und somit ein stets gleichartiges Endergebnis zu erzielen. Verwendet werden hierbei Trockentrommeln, längere schräg gelagerte Zylinder, in deren Innern sich durch Dampf heizbare Rohre befinden. Auch kann die nachbeschriebene Schwarzsche Aufbereitungsmaschine zu diesem Zwecke Verwendung finden.

Eine teilweise Aufschließung der Kieselsäure des Sandes bereits vor der Mischung mit Kalkbrei sucht das patentierte Verfahren von W. Schwarz-Zürich dadurch herbeizuführen, daß der Sand in eine Schleudertrommel oder sonstige Mischmaschine gebracht wird, die unter einem Vakuum steht und durch einen Dampfmantel oder dergl. erhitzt wird. Eine Vorbereitung des Sandes bezweckt ferner das österreichische Patent Nr. 13381[3]), welches ein Glühen des Sandes vor dessen Vereinigung mit dem Kalkbrei vorsieht. Durch das Glühen des Sandes zerspringen die einzelnen kristallinischen Teilchen desselben; hierdurch bilden sich gute rauhe Angriffsflächen sowie Risse, in die das Kalkhydrat hineindringen kann. Es wird demgemäß bei Anwendung dünnflüssigen Kalkbreies sich eine sehr innige Vermischung dieses mit den Sandteilchen in der Mischmaschine erreichen lassen[4]). —

Gröbere Beimengungen im Sande sind durch Sieben zu entfernen; hierzu finden zweckmäßig Rüttelsiebe Verwendung, da in den Maschen einfacher Drahtsiebe der feuchte Sand festklebt. Stark verunreinigter Sand ist zu waschen; mit dem abfließenden Wasser werden alsdann die Unreinigkeiten fortgeführt. Neben flachen Klärbecken bedient man sich auch besonderer Waschmaschinen, Schnecken und dergl., bei denen das Wasser von oben zufließt und der Sand den entgegengesetzten Weg zurücklegt, also in innige Berührung mit dem Wasser kommt. Auch findet zu gleichen Zwecken Druckwasser Verwendung, welches von unten einströmend den Sand hochwirbelt und die Unreinigkeiten nach oben fortführt. —

---

[1]) Ein Liter Sand, mittleren gleichmäßigen Korns wiegt rd. 1250 g und enthält etwa 33 %, also 330 ccm Hohlräume. Zur Ausfüllung dieser ist $^1/_3$ l = rd. 0,5 kg Kalkbrei notwendig, die ihrerseits zum mindesten 0,163 kg gebrannten Kalk erfordern = rd. 12 % des Sandgemisches. Wird Sand von verschiedener Körnung gewählt, so ergibt sich — wie nachstehend ersichtlich — der notwendige Gehalt an gebranntem Kalk geringer.

[2]) Vergl. u. a. die Abhandlung von H. Chr. Nußbaum in der H.-Z., Wochenausgabe 1898, S. 743 fg. sowie Archiv für Hygiene, Bd. 9, S. 139 und 223.

[3]) Von Wachtel u. Co., ausgegeben am 1. Mai 1903.

[4]) Vergl. Tonind.-Z. 1903, II S. 1894.

2. Der Kalk. Der zur Verwendung gelangende Ätzkalk muß vollkommen gut gebrannt sein und darf keine Kohlensäure mehr enthalten. Je nachdem die Erhärtung der Kalksandsteine später unter geringem oder hohem Dampfdrucke vor sich gehen soll, verwendet man als Rohmaterial einen Kalk, der größere Mengen von Ton oder Kieselsäure enthält, demgemäß also entweder als ein hydraulisch wirkender Mager- oder Grobkalk zu betrachten ist, oder sich als Fett- (Weiß-) Kalk darstellt. Magnesiahaltige, also Dolomit-Kalke sind nach Möglichkeit zu vermeiden[1]), da sie erfahrungsgemäß sehr träge ablöschen und nicht so feste Steine wie reine kohlensaure Kalke ergeben, obwohl das Magnesiumoxyd in gleicher Weise wie Calciumoxyd auf die Kieselsäure einwirkt; es scheint sich jedoch das gebildete Magnesiumsilikat mit den Sandkörnern weniger fest als das Kalksilikat zu verbinden. Dies folgt auch daraus, daß die mit Dolomitkalk hergestellten Kalksandziegel größere Wasseraufnahme zeigen als die aus kohlensaurem Kalk gewonnenen. Der gebrannte Kalk wird entweder mit einer Kugelmühle[2]), Schleudermühle[3]) oder auf einem Kollergange[4]) zu Pulver vermahlen oder zu pulverförmigem Staubkalk abgelöscht.

Auf ein vollkommenes Ablöschen des Kalkes vor seiner Verwendung ist der größte Wert zu legen, da sonst der noch ungelöschte Kalk sich im Erhärtungsprozesse löschen und den Stein zersprengen würde.

§ 9. Die Herstellung der Kalksandsteine.

1. Das Ablöschen des Kalkes und die Mischung von Kalk und Sand. Das Ablöschen des Kalkes findet entweder gesondert vor dem Vermischen mit dem Sande oder nach Vereinigung mit diesem statt; Kalkbrei wird in der Regel nur dort verwendet, wo eine künstliche (kostspielige) Trocknung des Sandes zur Durchführung gelangt; aber auch hier stellen sich nicht unerhebliche praktische Schwierigkeiten einer guten Vermischung von Kalkbrei und Sand entgegen. Beim Ablöschen hat sich gezeigt, daß der aus Ringöfen stammende gebrannte Kalk langsamer ablöscht als der aus Schachtöfen gewonnene[5]); auch ist es zweckmäßig, schwach gebrannten Kalk zu verwenden, da einerseits durch zu hohes Brennen der Kalk leidet, andererseits erfahrungsgemäß schwach

[1]) Vergl. u. a. Tonind.-Z. 1903, II, S. 2204, und Bm. VIII, S. 99.

[2]) Empfehlenswert wegen der Staubbildung als geschlossene Maschine. Eine Kugelmühle ergibt bei einer Siebspannung von 40 Maschen auf 1 qcm ein zur Kalksandsteinherstellung geeignetes Ätzkalkmehl. Die Zuführung des Zerkleinerungsgutes in die um eine wagerechte Achse drehbare Trommel findet seitlich statt. Der innere Zylinder ist mit Erhöhungen und Vertiefungen versehen, welche eine Art Treppe bilden, auf die bei Drehung der Trommel, Stahlkugeln mit dem Zerkleinerungsgut gemischt, herabfallen und letzteres zerpulvern. —

[3]) Eine Schleudermühle besteht aus zwei ineinander liegenden, sich in entgegengesetzter Richtung drehenden zylindrischen Trommeln, deren Zylinderflächen durch einzelne Stäbe gebildet werden. Beide Zylinder sind von einem zusammenhängenden Mantel umgeben. Infolge der Zentrifugalkraft wird das im inneren Zylinder befindliche Mahlgut nach außen geschleudert und zwischen die entgegengesetzt sich bewegenden Stäbe gelangend, von diesen zermalmt. —

[4]) Ein Kollergang besteht aus dem wagerecht liegenden Mahlteller und zwei oder mehreren auf dessen Oberfläche laufenden Rollen. Entweder sind die letzteren an wagerechten Achsen drehbar, sonst aber festgelegt und alsdann der Mahlteller an senkrechter Achse drehbar, oder es ist der letztere fest und es drehen sich die an wagerechten Achsen sitzenden Rollen mit diesen über den Mahlteller hinweg an einer gemeinsamen senkrechten Achse.

[5]) Der Grund hierfür dürfte vielleicht in der starken Luftzirkulation des Ringofens liegen, wodurch an den Kalk Feuchtigkeit abgegeben wird, so daß sich eine dünne Kalkhydratschicht bildet.

gebrannter Kalk sich vollkommen löscht. Die Ablöschung des gebrannten Kalkes zu Pulver findet statt entweder durch Ablöschen in einem offenen Korbe durch Eintauchen in Wasser[1]) (etwa 50—60 Sekunden) oder im geschlossenen Raume, meist einer drehbaren Trommel. In diese wird der pulverisierte Ätzkalk eingebracht und etwa die Hälfte des Kalkgewichtes an Wasser zugesetzt. Der gebrannte Kalk zerfällt hierbei in ein wenig feuchtes, staubförmiges Pulver, wobei 100 kg gebrannter Kalk 250 l trockenes Kalkhydrat ergaben. Beim Ablöschen entwickeln sich Dämpfe, die sich bei den geschlossenen Gefäßen bis zu hohem Drucke steigern können und demgemäß eine feste Konstruktion der Löschtrommel bedingen. Die letztere rotiert, um eine gute Löschung zu sichern, an wagerechter oder besser diagonal geneigter Drehachse; die Wasserzuführung kann durch letztere oder besondere Zuleitungsrohre stattfinden. Eine Trennung der pulverförmig gelöschten Kalkteilchen von größeren, vielleicht auch noch nicht genügend gelöschten Kalkstückchen, vermittelt ein Windseparator. Durch ihn werden die staubförmigen Teile aufgewirbelt und in ein den Separator ringförmig umgebendes Gefäß geschleudert, während schwerere Teilchen zu Boden fallen und seitlich abgeführt werden.

Eine andere, aber nur selten (weil umständlich und teuer) gebräuchliche Art des Ablöschens besteht darin, daß etwa 150—200 kg gebrannter Kalk in eiserne Kästen gelegt und mit diesen in die Härtekessel (unter etwa 8 Atm. Druck während 8—12 Std. Dauer) gebracht werden. Nachdem die Löschung hierselbst erfolgt ist, gelangt der Kalk in eine Schleudermühle, welche die noch nicht vollkommen zerfallenen Stücke zerkleinert und ein gleichmäßig feines Material liefert.

Wird der Löschprozeß durch Verwendung des Atzkalkes mit feuchtem Sande herbeigeführt, so erhitzt sich die ganze Masse; zugleich findet hierdurch in der feuchtheißen Atmosphäre bereits ein teilweises Aufschließen der Kieselsäure des Sandes statt. Da jedoch bei diesem Vorgange der Sand dem ablöschenden Kalk einen Teil seiner Wärme entzieht, so wird auch die Löschdauer wesentlich verzögert; zudem ist es notwendig, die Mischung, um einer vollkommenen Löschung aller Teile sicher zu sein, in größeren Behältern oder dergl. etwa 24 Stunden lagern zu lassen. Da hierzu viel Raum gebraucht und Zeit verloren wird, pflegt man in neuester Zeit das Löschgeschäft in Heißmischern unter Wärmezufuhr von außen vorzunehmen. Besonders günstig wird durch solche das Aufschließen der Kieselsäure vorbereitet, wenn in ihnen dieselbe Dampfspannung herrscht, wie später im Erhärtungskessel. Derartige Aufbereitungs- und zugleich Mischmaschinen sind die Werner-Pfleidererschen und die bereits auf S. 144 (26) erwähnten W. Schwarzschen Trommeln, welche mit Mantelheizung und innerer Dampfzuleitung versehen sind.

Erfahrungsgemäß ist der Verbrauch an Kalk beim unmittelbaren Ablöschen desselben im feuchten Sande etwa 20 v. H. höher als bei getrennter Kalklöschung, ein Nachteil, der durch den Umstand voll aufgewogen werden dürfte, daß hier das heiße Kalksandgemisch plastischer und leichter zu pressen ist, auch sofort den Pressen zugeführt werden kann, und daß der gesamte Löschprozeß in etwa einer Stunde durchgeführt wird. — Auch bewirkt die Ablöschung der Kalkteilchen im feuchten Sande eine Zerlegung eines jeden dieser während der Mischung und diese kleinsten Teilchen verbreiten sich leichter und gleichmäßiger auf der Oberfläche des Sandkornes, als wenn nur eine rein mechanische Vermengung des bereits gelöschten Kalkes mit dem Sande

[1]) Ein besonderes, ähnliches Verfahren ist durch das DRP. 104197 geschützt (von H. Broehl, pat. vom 18. Juni 1898). Nach demselben wird der Kalk in einen gelochten Behälter gebracht und in das Löschgefäß eingetaucht, hierauf auf Rüttelsiebe ausgeschüttet, auf diesen zerkleinert und durch Siebtrommeln ausgesiebt.

ausgeführt wird; es ist somit auch in bezug auf die Innigkeit der Mischung die letztbeschriebene Art der Kalkablöschung im Vorteil.

Die innige Mischung von Kalk und Sand ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil auf ihr die spätere, gute Erhärtung des Steines beruht; je weniger Kalkhydrat dem Sande beigemengt wird, um so gleichmäßiger muß die Vermischung sein, soll ein gleichartiger Stein entstehen und sowohl auf seinen äußeren Schichten wie im Innern das Kalksilikat sich bilden. Da der Kalkzusatz bei Erhärtung im Dampfe nur etwa 5—8% vom Gewichte des Sandes beträgt, so folgt hieraus die besondere Wichtigkeit einer innigen Vermengung. Dieselbe hat zudem noch den Zweck, das Mischgut zu kneten und ihm trotz des geringen Kalkgehaltes eine hohe Klebe- und Bildefähigkeit für die spätere Verformung zu geben.

Zur Mischung des pulverförmigen Kalkhydrates und des Sandes werden entweder fortwährend oder zeitweise arbeitende Maschinen verwendet. Die ersteren Arten beruhen in erster Linie auf dem Prinzip der Mischschnecke — Abb. 2[1]) —, bei

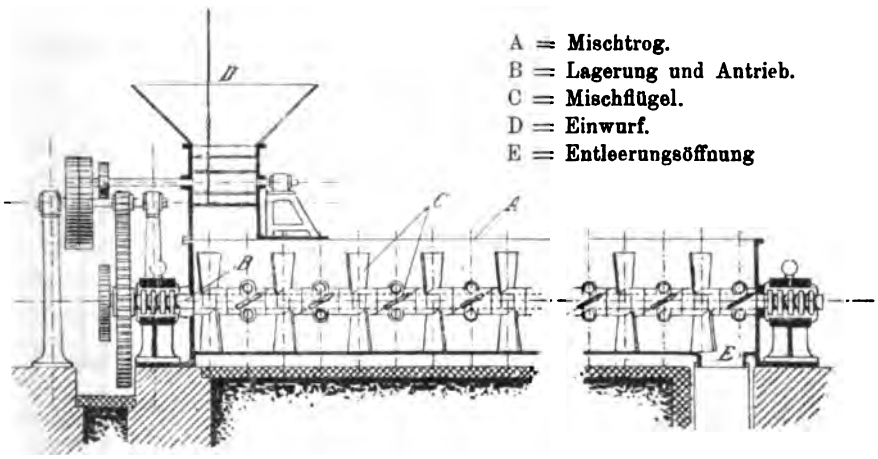


Abb. 2.

welcher eine wagerechte Achse, in einem geschlossenen Zylindermantel rotierend, mit Hilfe von Mischarmen das Gut durcheinander wirft, zugleich aber auch in bestimmter Richtung vorwärts bewegt und hierbei knetet; neben der einfachen Schnecke kommen auch doppelte, und zwar in der Art konstruiert vor, daß zwei einander parallele Drehachsen, mit gegeneinander versetzten Mischarmen versehen, entweder entgegengesetzte Drehung erhalten, oder sich mit verschiedener Geschwindigkeit in demselben Sinne drehen[2]); es dürfte ersichtlich sein, daß gerade hierdurch das Material besonders kräftig geknetet und bildsam gemacht wird.

Als zeitweise arbeitende Maschinen sind meist Kollergänge in Anwendung. Sie sind erfahrungsgemäß besonders alsdann vorzuziehen, wenn es sich um die Mischung weichen und feinkörnigen Sandes handelt. Wenn auch ihr Kraftbedarf ein höherer als der der Mischschnecke und ähnlicher Konstruktionen ist, so wird doch bei Verwendung von Kollergängen der Mörtel plastischer und der Stein fester.

Während des Mischens von Kalkhydrat und Sand ist für den nötigen Wasserzufluß zu sorgen, um das Mischgut formbar zu gestalten.

---

[1]) Entnommen der in Anm. 4 auf S. 143 (25) angeführten Quelle.

[2]) Vergl. auch die Beschreibung der Werner u. Pfleidererschen Mischmaschine auf S. 120 (2).

Über die Mischung von staubförmigem Ätzkalk und feuchtem Sande zu Formgut ist weiter oben bereits das Wichtigste mitgeteilt. Abb. 3[1]) stellt in Quer- und Längsschnitt die hierbei mit Vorteil verwendbare W. Schwarzsche Aufbereitungsmaschine dar.

Der Mischer besteht hier in einem schweren stählernen, nach der Schraubenlinie gebildeten Flügel, der eine gute Fortbewegung wie innige Knetung des Materials bewirkt. Der gesamte Mischtrog ist mit einem Heizmantel umgeben und mit Wasser- und Dampfzuleitung sowie einer Vakuumleitung verbunden. —

2. Das Pressen des Mischgutes zu Steinen (Formlingen). Für einen brauchbaren Kalksandstein ist ein gleichmäßiges und kräftiges Pressen eine der Hauptbedingungen. Die zur Anwendung gelangenden Stempelpressen arbeiten auf zwei verschiedene Arten, erstens mit senkrechtem Stempel und zweitens mit seitlichem Drucke;

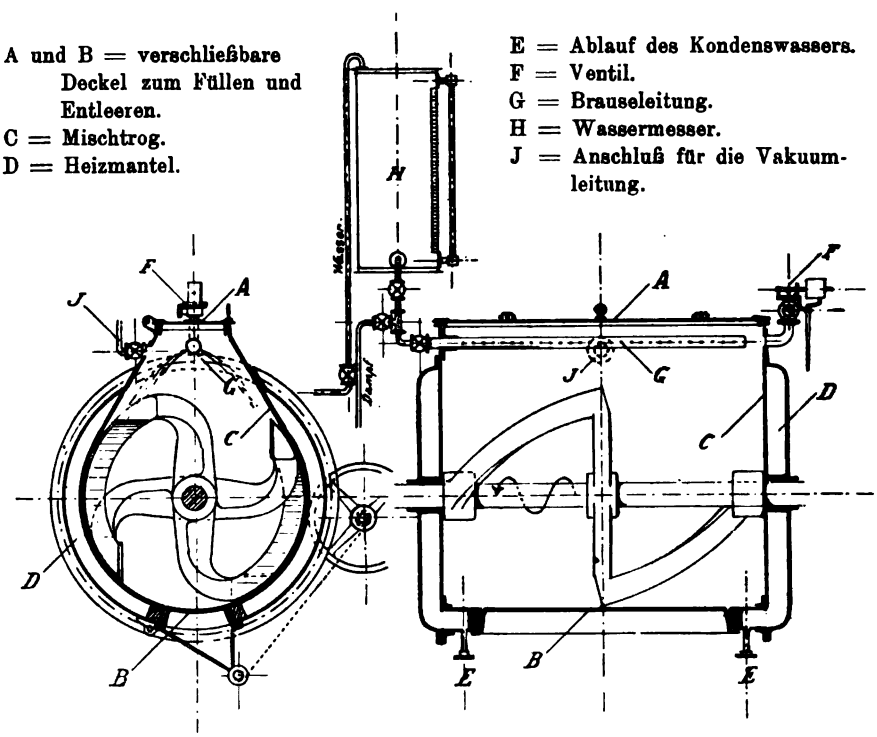


Abb. 3.

im ersten Falle wird der Stein auf seinen breiten Oberflächen, im zweiten auf seinen schmalen Seitenflächen zusammengedrückt.

Die erstere Art — die fast ausschließlich gebräuchliche — arbeitet mit von oben oder von unten wirkendem Stempel[2]); die Bewegung des Stempels geschieht entweder durch Vermittelung von Kniehebeln, durch freien Fall, durch einen Exzenter oder durch Wasserdruck. Der Durchschnittsdruck der Presse beträgt etwa 250000 kg. Je stärker derselbe ist, desto mehr wird der Stein zusammengepreßt, desto schwerer und weniger porös wird er aber auch; es ist mithin nicht zweckmäßig, allzu schwere Pressen zu ver-

[1]) Vergl. Anm. 1 auf S. (147) 29.

[2]) Zweckmäßiger erscheint die Pressung von oben, weil die Hauptteile der Maschine hier leichter zugänglich sind, auch das von oben herabfallende Preßgut nicht in das Getriebe der Maschine gelangen kann.

wenden. Die Formkästen, in denen die Steine gepreßt werden, liegen in der Regel in einem rotierenden Tische, der meist 4—6 solcher Formen aufnimmt, also bei einer Umdrehung 4—6 Steine oder — wenn, wie dies oft die Regel, mehrere Steine übereinander gepreßt werden — das Vielfache der letzteren Zahl liefert. Nach dem Pressen hebt die Maschine — meist durch einen Winkelhebel — selbsttätig die fertigen Steine aus ihren Formen und schiebt sie auf Lagerbleche. Eine derartige Presse mit von oben wirkendem, durch einen Kniehebel bewegten Preßstempel (F) und mit rotierendem Tische stelit Abb. 4 dar[1]). Infolge des Kniegelenkes E nimmt der Druck auf den zu pressenden Stein allmählich und stetig zu. Das Ausstoßen der fertigen Steine erfolgt durch den Exzenter G, die anschließende Zugstange und den Winkelhebel H. —

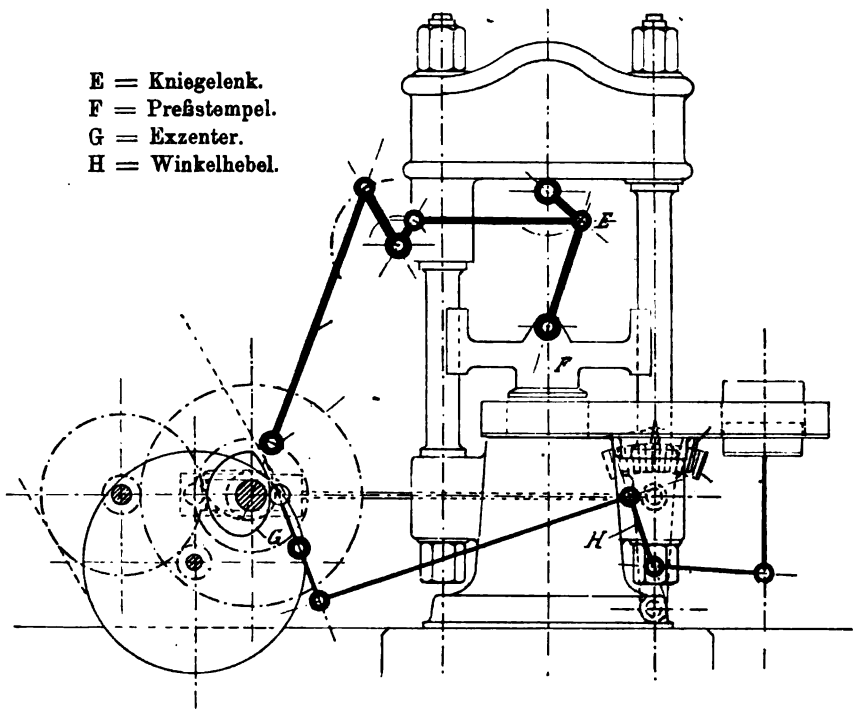


Abb. 4.

Bei Fallpressen[2]) werden die Steine in der Regel mehreren, verschieden starken Schlägen frei herabfallender Stempel in der Art ausgesetzt, daß der erste Stempel der leichteste, der letzte der schwerste ist, also eine allmähliche Preßwirkung eintritt. Im übrigen ist die Anordnung der Maschine der vorbesprochenen ähnlich.

Hydraulische, hier verwendete Pressen sind meist Normalkonstruktionen, welche stets nur einen Stein zu gleicher Zeit pressen und deshalb auch leichter gebaut werden können. Das Ausstoßen der Formlinge erfolgt hierbei durch den Preßkolben selbst, die seitliche Fortnahme durch besondere, exzentrisch angeschlossene Schlitten, vergl. Abb. 5[3]) S. 150 (32). —

---

[1]) Entnommen dem in Anmerkung 4 auf S. 143 (25) angegebenen Stöfflerschen Buche. Derartige Maschinen werden u. a. gebaut von der Aktiengesellschaft für industrielle Sandverwertung in Zürich und Berlin, von Dr. Bernhardi Sohn G. E. Drähnert, sowie E. Lucke in Eilenburg, F. Komnik vorm. H. Hotop in Elbing usw.

[2]) Gebaut u. a. von der Dorstener Eisengießerei und Maschinenfabrik A.-G. in Hervest-Dorsten i. W.

[3]) Siehe die obige Anm. 1.

Hier wird der Schlitten M durch die Führung einer Rolle O in einer kurvenartigen Vertiefung der sich drehenden Trommel N hin- und herbewegt. In die Öffnung P des Schlittens gelangt bei entsprechender Stellung dieses das Mischgut, fällt dann mit dem Schlitten und bei dessen Vorwärtsbewegung nach Q, wird bei der äußersten Schlittenstellung, woselbst R über Q steht, gepreßt, durch den Kolben Q dann beim Rückgange des Schlittens herausgestoßen und schließlich vom Schlitten bei dessen erneutem Vorgange seitlich auf ein Abnahmeblech geschoben[1]).

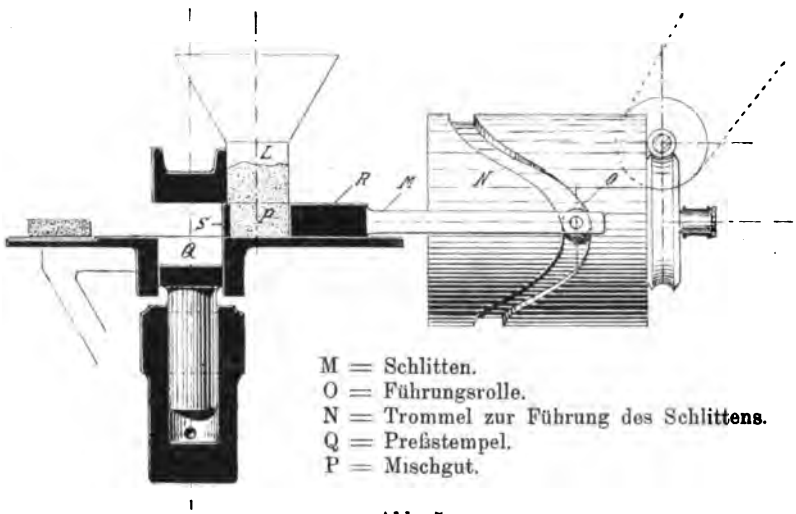


Abb. 5.

Verhältnismäßig selten wird — wie schon hervorgehoben — die zweite Art der Pressen mit wagerechtem Kolbenwege und Pressung der Steine auf ihrer Schmalseite angewendet; meist arbeiten hier zwei Stempelpressen gegeneinander[2]). Ein Vorteil der Anordnung ist der, daß hierselbst die Steine alle gleich dick werden, während bei der ersten Art der Pressen meist vielfach kleinere — jedcoh als zulässig zu erachtende — Unterschiede in bezug auf die Steindicke vorkommen.

Die Leistung der Pressen beträgt in der Regel 800—1000 Steine in der Stunde. Die Festigkeit der frisch gepreßten Steine ist so groß, daß eine Handhabung derselben gut möglich ist und sie, ohne zu zerbrechen, in 8—10 Schichten übereinander gestapelt werden können.

Nach dem Pressen werden die Formlinge zu 600—800 Stück auf eiserne Plateauwagen von etwa 1,2 m Länge und 1,6 — 1,8 m Breite — entsprechend dem Durchmesser des Erhärtungskessels — geladen und auf Gleisbahnen in die Erhärtungskessel gefahren. Es ist dafür Sorge zu tragen, daß das Einführen der Steine in diese Kessel sofort nach dem Pressen erfolgt, die Steine also nicht der Einwirkung der Luft und der oberflächlichen Bildung kohlensauren Kalkes ausgesetzt werden; zugleich wird alsdann auch ein Gelbwerden der Steine durch den Übergang des fast stets in Steinen vorhandenen Eisenoxyduls in Eisenoxyd verhindert. —

§ 10. Die Erhärtung der Kalksandsteine.

Wie schon auf S. 141 (23) hervorgehoben wurde, findet in den unter Dampfdruck stehenden Erhärtungskesseln die Bildung von kieselsaurem Kalk und durch diesen das Verfestigen der Steine statt; letztere sind nach Abschluß dieses Prozesses sofort ver-

[1]) Eine zweckmäßige hydraulische Presse liefert u. a. das Krupp-Grusonwerk in Magdeburg-Buckau. Hier kann zugleich der oberste Teil der mit Mischgut angefüllten Preßform durch die Maschine vor dem Pressen mit farbigem Material gefüllt werden.

[2]) Angefertigt u. a. von Bruck, Kretschel u. Co.-Osnabrück.

mauerungsfähig. In der Regel werden die Steine einem Druck von 6—9 Atm. ausgesetzt und gebrauchen alsdann etwa 10 — 12 Stunden zur vollkommenen Erhärtung; seltener findet, weil umständlicher und langwieriger, ein Niederdruckverfahren Anwendung, bei welchem meist in gemauerten Kammern die Steine bei einem 1 Atm. nur wenig übersteigenden Druck in einer Zeit von etwa 70 Stunden erhärten.

Die Hochdruckerhärtungskessel haben etwa 1,8—2,0 m Durchmesser und bis zu 20 m Länge; in ihnen bewegen sich die auf Gleisen laufenden, mit Steinen beladenen Wagen (vergl. Abb. 6[1]). Zu gleicher Zeit kann ein solcher Kessel etwa 8—10000 Steine aufnehmen.

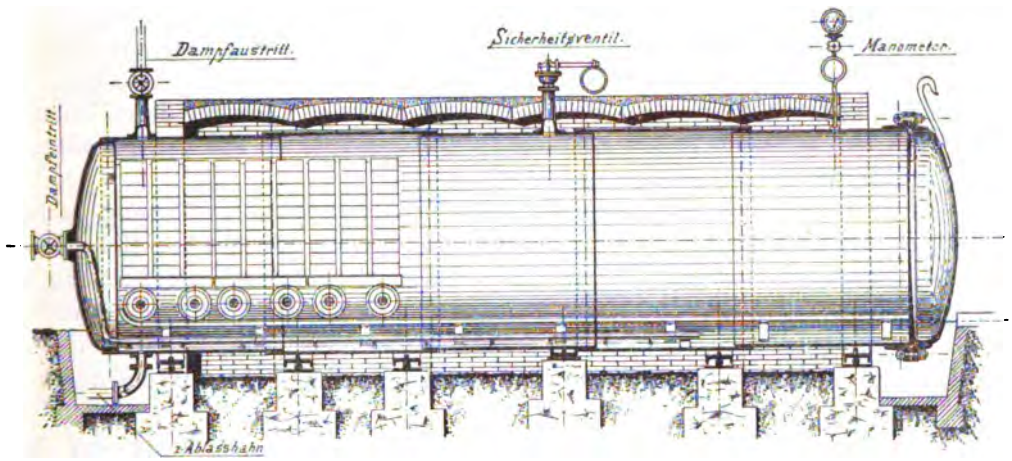


Abb. 6.

Schon auf S. 142 (24) ist darauf hingewiesen, daß bei der Dampferhärtung nicht alles Kalkhydrat in die kieselsaure Verbindung übergeführt wird und daß der letzte Rest des Hydrats beim späteren Lagern an der Luft allmählich in kohlensauren Kalk sich umwandelt. Das DRP. 126552[2]) sucht diesen Vorgang insofern günstig zu beeinflussen und zu beschleunigen, als nach hinreichender Abkühlung der Steine diese in eine Lösung von Ammoniumkarbonat gebracht werden, das allen noch ungebundenen Kalk in kohlensauren Kalk verwandelt, also eine künstliche und schnelle Nachhärtung der Steine bedingt. Während bei Verwendung von Lösungen anderer kohlensauerer Salze (z. B. von Natrium, Kalium usw.) sich lösliche Salzverbindungen im Steine bilden würden, die spätere Auswitterung zur Folge haben können, verflüchtigt sich beim Ammoniumkarbonat die Base, so daß sich in der Steinmasse kein schädliches Salz bildet.

§ 11. Das Färben der Kalksandsteine[3]).

Um dem Kalksandsteine eine Färbung zu geben, wird entweder — wenn dies auch recht teuer ist — das ganze Gemenge innig mit Farbstoff durchmengt oder nur eine gefärbte Schicht auf einer oder mehreren Seiten des Steines aufgetragen[4]) oder auch der

[1]) Siehe Anm. 1 auf S. 147 (29).

[2]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, S. 95, von Wachtel u. Co., gültig vom 4. Oktober 1899.

[3]) Vergl. u. a. Tonind.-Z. 1900, II, S. 1429, 1901, II, S. 1555, 1902, I, S. 652 (Wie hat sich die Herstellung farbiger Kalksandsteine bewährt und welche Methoden und Farben sind zu empfehlen?).

[4]) Vergl. S. 150 (32) Anm. 1. Hierzu kann mit Vorteil die dort erwähnte Presse des Krupp-Grusonwerkes Verwendung finden; meist wird jetzt die Farbschicht mit Handpressen aufgepreßt.

Stein nachträglich in eine Farblösung getaucht bezw. diese in seine Poren hineingepreßt. Wenn die Farbstoffe vor dem Erhärtungsprozesse oder während desselben zugeführt werden, so ist darauf zu achten, daß sie einerseits den Erhärtungsvorgang nicht ungünstig beeinflussen und andererseits kalkbeständig sind. Zweckmäßig sind in dieser Beziehung gemahlene, buntfarbige, kieselsäurereiche Gesteine (z. B. gemahlene braune, rote und gelbe Sandsteine), ferner mineralische oder künstlich durch Brennen erzeugte Farben; für Rot wird vielfach Eisenoxyd (frei von schwefelsauren Salzen!)[1]), für Gelb gebrannter Ocker, für Blau Smalte[2]), für Schwarz Kohle verwendet. Wird die Farbe erst im Erhärtungskessel zugeführt, so empfiehlt es sich hier, den Stein erst ein wenig austrocknen zu lassen; er erhält alsdann eine feine, weißgelbliche Oberflächenschicht, welche den später zugeführten Farben mehr Leuchtkraft als die gewöhnliche graue Steinfärbung verleiht.

Von patentierten Verfahren, die Kalksandsteine zu färben, seien die folgenden erwähnt: Nach dem DRP. 129032[3]) wird der Farbstoff durch Dampf angesogen und fein zerstäubt in die Erhärtungskessel gepreßt, so daß die hierselbst noch erhärtenden Steine gleichmäßig gefärbt werden.

Das DRP. 139500[4]) sucht den Stein erst nach vollkommener Härtung zu färben. Die Härtebehälter, in denen die Steine verbleiben, werden hier bis zur Höhe des Einsatzes mit geeigneter Farbflüssigkeit gefüllt. Ein gutes Eindringen der letzteren in die Poren des Steines wird entweder durch Schaffung eines Vakuums im Kessel (durch Kondensierung des Dampfes) oder durch Einpressen in die Steine vermittelst Dampfdruckes bewirkt. Nach Ablassen der Farbflüssigkeit werden die Steine zweckmäßig durch überhitzten Dampf oder heiße Luft getrocknet.

Das DRP. 113818[5]) bezweckt die Färbung von Kalksandsteinen (oder Mörtelmassen) durch Bildung von Calciumfarbstofflacken. Zu diesem Zwecke werden Farbstoffe — z. B. Alizarin, Flavopurpurin, Coerulein usw. — in ganz verdünnter Alkalilauge gelöst, der bereits gemischten Kalksandmasse hinzugefügt und mit ihr innig vermengt. Die Farbstofflösung verbindet sich alsdann mit dem in der Masse vorhandenen Kalke unter Bildung eines Farbstoffkalksalzes und freien Natriumhydrates; das letztere wirkt auf die im Sande vorhandene Kieselsäure aufschließend und somit günstig auf die Erhärtung des Steines ein. Besonders geeignet erscheinen zu dieser Verwendung die Farbstoffe der Anthracengruppe, da sie auch Dämpfen bei höheren Temperaturen widerstehen und lichtbeständig sind.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß es für manche Fälle zweckmäßig ist, die Bildung des Farblackes nicht innerhalb der Kunststeine, sondern außerhalb derselben zu bewirken; hierdurch wird die Herstellung eines immer gleichmäßig gefärbten Gemisches viel leichter und unabhängig von dem Feuchtigkeitsgehalte der Kunststeinmischung. Die Herstellung[6]) des gefärbten und als Zusatz zum Kunststein zu benutzenden Kalkbreies wird am einfachsten dadurch bewirkt, daß der zu Brei abgelöschten Menge Kalk eine der gewünschten Färbung entsprechende Menge von Farbstoff zugesetzt wird, wobei der Farbstoff auch in Wasser suspendiert sein kann. Soll trockenes Kalkpulver hergestellt werden, so darf naturgemäß nur soviel Wasser benutzt werden, wie zur trockenen Ablöschung

[1]) Diese erzeugen einen grauen, schleierartigen Überzug über den Steinen.

[2]) Ultramarin hat sich nicht bewährt, da es die Festigkeit der Steine erheblich beeinträchtigt.

[3]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, I. S. 421, Pat. vom 10. Januar 1901.

[4]) Von Hugo Schön, Pat. vom 30. Juli 1901.

[5]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, II, S. 1721, von Dr. W. Schultheis.

[6]) DRP. 133618 und 135104 von W. Schultheis. Vergl. auch Tonind.-Z. 1902, II, S. 1407 und 1721.

ausreicht; es wird alsdann diesem Wasser der Farbstoff zugesetzt. Es entsteht trockenes Pulver von Calciumsalz, indem der Farbstoff sich beim Löschvorgange mit dem gebildeten Calciumhydroxyd zu einem Farbstofflacke verbunden hat. Der so erhaltene Kalkfarbstofflack wird alsdann unter die Materialien gemischt, der Stein selbst bleibt also in seinem Mischungsverhältnisse unabhängig von seiner Färbung.

§ 12. Die wichtigsten Eigenschaften der Kalksandsteine [1]).

Das spezifische Gewicht (s), im allgemeinen abhängig von den Rohmaterialien, insbesondere der Korngröße des Sandes [2]) und der Stärke der Pressung, beträgt i. M. 2,52, das Raumgewicht (r) etwa 1,9, so daß sich der Dichtigkeitsgrad des Steines (d) zu $d = \frac{r}{s} = rd \,.\, 0{,}75$ ergibt und der Stein mithin etwa 25 % an Hohlräumen einschließt.

Das Gewicht von 1 cbm Mauerwerk aus Kalksandsteinen in Kalksandmörtel ist für statische Berechnungen zu 1900 kg anzunehmen [3]).

Die Naturfarbe der Steine ist für gewöhnlich hellgrau, das Gefüge mittelfein bis grobkörnig, der Bruch uneben und von rauher Oberfläche. Die unter sich recht gleichmäßig ausfallenden Steine bilden einen sehr wertvollen Ersatz für Ziegel und sind, soweit ihre Güte als einwandfrei erkannt ist, auch seitens vieler Baubehörden an Stelle bester Mauersteine baupolizeilich zugelassen.

Die Druckfestigkeit der Steine, an trockenen Steinen in Würfelform geprüft, schwankt nach ausgeführten Versuchen (vergl. auch § 14) zwischen 75 und 300 kg/qcm. Durch Beschlußfassung des Vereins der deutschen Kalksandsteinfabrikanten darf jedoch — wie bereits in der Einleitung zu diesem Kapitel hervorgehoben — keinerlei Material als Kalksandstein in Zukunft in den Handel gebracht werden, dessen Druckfestigkeit nicht als unterste Grenze mindestens 140 kg/qcm [4]) erreicht. Die zulässige Beanspruchung auf Druck beträgt je nach den Steinen 7 bis 14 kg/qcm, setzt also eine mindestens 10fache Sicherheit voraus. In wassersattem Zustande pflegt die Druckfestigkeit um etwa 10—12 %, durch 25maliges Gefrieren um etwa 12—15 % abzunehmen — Zahlen, die sich vollkommen innerhalb der bei natürlichen Sandsteinen üblichen Grenzen halten [5]).

Die Wasseraufnahmefähigkeit beträgt etwa 12 %; nach 24 Stunden nimmt der Stein meist nur noch wenig Wasser auf, ist hier also bereits am Ziele seiner Sättigung angelangt. Gegen länger einwirkende Feuchtigkeit haben sich die Steine ebenfalls bestens bewährt; so haben Versuche der Berliner Prüfungsstation für Baumaterialien gezeigt [6]), daß die Steine bei Lagerung in feuchtem Sande bis zu 6 Monaten Versuchsdauer stetig an Festigkeit zugenommen haben.

1) Vergl. u. a. Tonind.-Z. 1903, I, S. 157, und B.-M. 1899, S. 121, sowie H.-Z., Wochenausgabe, 1898, S. 743 u. f. (letzterer Aufsatz v. Chr. Nußbaum).

2) Das Trockengewicht ist bei feinem Sande geringer als bei gröberem Sande. Bei demselben Rohmaterial ist mithin das größere Trockengewicht des Steines ein Zeichen für stärkere Pressung.

3) Vorschrift des Berl. Poliz.-Präsid., vergl. D. B. 1903, S. 364.

4) Vergl. in der Tonind.-Z. 1903, I, S. 872 und 935 die bezgl. Verhandlungen.

5) Bei dem als besonders gut anerkannten Fabrikat von R. Guthmann zu Niederlohme bei Königswusterhausen wurde durch die Kgl. Mech.-Techn. Versuchsanstalt zu Berlin ermittelt: Mittlere Druckfestigkeit trocken 211, desgl. in wassersattem Zustande 187, desgl. nach 25 Frostversuchen 185 kg/qcm.

6) Vergl. Tonind.-Z. 1903, I, S. 160.

Die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme und des Wiedertrocknens hat sich im allgemeinen etwas geringer wie die eines guten Hintermauerungssteines ergeben. Diese Prüfung hat gezeigt, daß je besser gehärtet der Stein ist, desto mehr Zeit zum Vollsaugen notwendig ist; die diesbezügliche Probe ist mithin zugleich ein gutes Erkennungszeichen für eine ausreichende Erhärtungsdauer. Bezüglich der Wasseraufnahme zeigt ziemlich allgemein ein gekollertes Material viel bessere Verhältnisse als ein nur gemischtes.

Da vermauerter Kalkmörtel bedeutend poröser als der Kalksandziegel ist, so erscheint es weniger notwendig, auf besonders dichte Steine in der Meinung Wert zu legen, hierdurch besonders trockene Gebäude zu erhalten. Versuche haben gezeigt, daß dichte Steine, welche bis zur vollkommenen Wassersättigung 10 Tage brauchen, mit Kalkmörtel vermauert, schon nach einem Tage gesättigt waren[1]) und daß in dieser Beziehung kaum ein Unterschied zwischen dichten und porösen Steinen bestand. Bei der Wiederaustrocknung aber halten die aus feinem Sande hergestellten dichten Steine das Wasser sehr viel länger fest als die porösen, was als ein erheblicher Nachteil der ersten Steinart angesehen werden muß. Bei Verwendung guter Kalksandsteine wird man — wie auch vielfache Erfahrungen beweisen — keine Gefahr laufen, feuchte Wohnungen zu erhalten, wenn das Mauerwerk mit ausreichenden Isolationsschichten aufgeführt wird[2]). Dem gewöhnlichen Ziegel ist der Kalksandstein durch seine größere Wärmeleitung unterlegen, da auch — gleiche Porosität vorausgesetzt — der gebrannte Ton als schlechterer Wärmeleiter gegenüber dem Sande und kieselsauerem Kalke im Vorteil ist[3]).

Die Steine mit größter Festigkeit und Dichtigkeit haben den besten Klang; werden sie längere Zeit stetig — sogar nur unter 100° erwärmt — so verlieren sie ihren Klang vollkommen, obwohl sich an den Festigkeitsverhältnissen nichts ändert.

Als frostsicher haben sich, wie die Prüfungsergebnisse zeigen, die Kalksandsteine durchaus bewährt und keinerlei unerlaubte Formänderungen oder einen erheblichen Herabgang der Festigkeit gezeigt (vergl. die vorstehenden Ausführungen). Wenn sich hin und wieder nach den Frostversuchen sogar eine größere Druckfestigkeit ergeben hat, so ist dies nach Gary[4]) nicht darauf zurückzuführen, daß sich in dem Steine noch freier Kalk befand, der durch die im Wasser vorhandene Kohlensäure seine Bindung (zu $CaCo_3$) erhielt, sondern nur durch eine zufällige Verschiebung des mittleren Prüfungswertes zu erklären infolge zu geringer Anzahl der Einzelversuche.

Ferner ist Kalksandstein auch als durchaus feuersicher erprobt[5]), und zwar im Schadenfeuer selbst als auch durch die verschiedensten Brandproben. Hierbei hat sich jedoch gezeigt, daß die unter niederem Drucke hergestellten Steine der Einwirkung der Flamme und des Spritzenwassers weniger Widerstand leisten als Hochdrucksteine; desgl. halten sich die grobkörnigen besser als die feinkörnigen. Die bis auf ca. 1100° C erhitzten, dem Feuer unmittelbar ausgesetzten Steine zeigten nur eine etwas hellere, auf 5—8 mm Tiefe sich erstreckende Verfärbung, jedoch ohne daß nachteilige Veränderungen der Oberfläche zu erkennen waren; auch zeigte der Stein nach dem Brande seine nor-

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1903, I, S. 157 u. f.

[2]) Tut man dies nicht, so wird bei 1½ Stein starken Wänden bei kalter und feuchter Witterung die Feuchtigkeit durchschlagen.

[3]) Vergl. H. Z., Wochenausgabe, 1898, S. 743.

[4]) Vergl. Tonind.-Z. 1903, II, S. 1931 und S. 2231 (Mitt. von Gary). Gary spricht sich hier dahin aus, daß sich bei 40—50 Einzelversuchen ein solches Resultat nicht zeigen würde; hier dürfte die mittlere Druckfestigkeit fraglos eine Abnahme aufweisen.

[5]) Vergl. u. a. M. Glasenapps Ber. in der Rigaischen Ind.-Z. vom 15. Juni 1902, Bm. VIII, S. 99, Tonind.-Z. 1903, I, S. 275, CdB. 1901, S. 489, sowie den Bericht über die Feuerprobe mit dem Rob. Guthmannschen Steine auf S. 125 u. 126 (7 u. 8).

male Festigkeit, wurde sogar — obgleich glühend — durch den Spritzenstrahl nur unwesentlich angegriffen. Da auch 10 Wochen nach der Brandprobe noch keinerlei Abblätterungen eingetreten waren, sich auch keinerlei Risse in den Mauern und Gewölben zeigten, kann der Stein bis zu der angegebenen Prüfungsgrenze (rd. 1100° C) als vollkommen feuerbeständig bezeichnet werden.

Auch im Meereswasser haben sich Kalksandsteine nach Mitteilungen der französischen Marineverwaltung[1]) durchaus bewährt. Gleich gute Erfahrungen sind mit den Steinen[2]) seitens der Elbinger Stadtverwaltung bei der Abpflasterung der Ufer des Elbingflusses gemacht worden. Im Gegensatze zu den sonst verwendeten, gebrannten Ziegeln haben sich hier die Kalksandsteine besonders auch während des Winters vorzüglich bewährt und durch Frost nicht im geringsten gelitten.

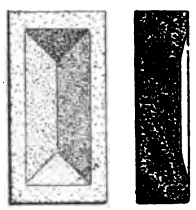


Abb. 7.

Hergestellt werden bezüglich der Formate meist Normalsteine von 25 cm Länge, 12 cm Breite und 6,5 cm Dicke. Meist werden auf eine der Lagerflächen einfache Vertiefungen zur Verminderung des Gewichtes angebracht (Abb. 7). Daneben werden Façonsteine und Dachziegel verschiedenster Form einschließlich von Falzziegeln und Verblendsteinen hergestellt.

§ 13. Besondere Kalksandsteinarten und verwandte Kunststeine.

1. Hochfeuerfeste Kalksteine. — Silika-Steine[3]). Diese — den an anderer Stelle besprochenen Dinassteinen nahestehend — werden erhalten durch ein nachträgliches Brennen der vollkommen erhärteten Steine, und zwar bei einer Temperatur, bei welcher die Bildung eines wasserfreien Calciumsilikats als Bindemittel für die Sandkörnchen erfolgt[4]). Die Formlinge vertragen das Brennen um so leichter, je weniger Kalk sie haben, je größer also ihr Sandgehalt ist. — Der Schmelzpunkt der Steine liegt etwa bei Seegerkegel Nr. 33 (also bei rd. 1300° C), ist also dem des Quarzsandes ent-

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, I, S. 719. Verwendet wurden Steine, nach dem Verfahren von Schwarz-Zürich hergestellt.

[2]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, I, S. 545.

[3]) Vergl. u. a.: Tonind.-Z. 1903, I, S. 702, und 1903, II, S. 1808.

[4]) Wie vorerwähnt, enthalten die gehärteten (gedämpften) Kalksandsteine als Bindemittel für die Quarzkörner außer Calciumhydrosilikat noch Kalkhydrat, aus dem bei Berührung mit der Luft $CaCO_3$ wird. Bei hoher Temperatur verlieren nun Calciumhydrat und Calciumhydrosilikat ihr Wasser, das Calciumkarbonat — soweit vorhanden, bei rd. 800° C — seine Kohlensäure. Da der Kalk des Karbonats und des Hydrats jetzt als Ätzkalk zurückbleibt, dieser aber bekanntlich eine sehr geringe Festigkeit besitzt, so muß die Festigkeit der Steine in diesem Stadium eine erhebliche Verminderung erleiden. Weniger in seiner Festigkeit wird trotz der Wasserabspaltung das Calciumsilikat geschwächt; es wird mithin der Zusammenhang des Steines um so weniger leiden, je mehr Hydrosilikat von vornherein im Steine enthalten war. Bei weiter gesteigerter Temperatur findet dann allmählich eine Einwirkung des Ätzkalkes auf die einzelnen Sandkörnchen und eine weitere Bildung von Calciumsilikat statt und zwar so lange, bis letzteres als alleinige Kalkverbindung zurückbleibt; hiermit erreicht der Stein wiederum eine beträchtliche Festigkeit.

Wichtig für einen guten Stein ist die Auswahl des Sandrohmaterials. Hier darf sowohl kein in hohen Temperaturen stark wachsender Quarzsand, als auch Sand mit einzelnen größeren Quarzkörnern Verwendung finden da sonst — infolge von allzu großen oder allzu verschieden großen Temperaturausdehnungen — eine Lockerung des Steingefüges eintreten würde. — Vergl. Tonind.-Z. 1903, I, S. 702, Abhdlg. von M. Glasenapp. — Riga, und Tonind.-Z. 1903, I, S. 195, Dünnschliffuntersuchungen von Rinne.

sprechend. Der in seinem Aussehen dem Kalksandsteine ähnlich gebliebene Stein zeigt gegenüber diesem durchscheinende Kanten und eine mattschimmernde gesinterte Oberfläche.

Die Anwendung der Silikasteine wird sich — ähnlich wie die der Dinassteine — auf nicht allzu hohe Temperaturen beschränken; für Dampfkesseleinmauerungen, Rauchgaskamine, Öfen der Tonwarenindustrie, die mit nicht allzu hohen Hitzegraden betrieben werden und ähnliche Zwecke dürfte der Silikastein sich durchaus eignen[1]), er wird jedoch wegen seines niedrigen Schmelzpunktes mit guten Chamottesteinen oder ähnlichen Materialien nicht in Wettbewerb treten können. Ein Vorteil des Steines ist seine gute Bewährung, auch zeitweise der Feuchtigkeit ausgesetzt.

Mit der Herstellung von Silikasteinen befassen sich u. a. das DRP. von Horak in Königswinter (vom 30. Januar 1903), der den Stein durch mehrfaches Erhitzen (zuerst im Porzellanofen) gewinnt, sowie das Horwegsche Patent Nr. 13853 von Sven Edm. Boirie, das den Stein durch Beimengung von Salpetersäure (?) besonders feuersicher machen will[2]).

2. Feuerglasierte Kalksandsteine stellt das englische Patent 3364/1902[3]) in der Art her, daß die Verblendfläche gedämpfter Kalksandsteine glasiert und diese so behandelten Kalksandsteine in geeigneten Öfen bei den erforderlichen Hitzegraden gebrannt werden. Eine Vereinfachung der Herstellung kann dadurch bewirkt werden, daß die Formlinge mittelst Dampf nur soweit vorgehärtet werden, daß sie für das spätere Glasieren und Brennen gehandhabt werden können, ohne zu zerbrechen.

3. Kalksandasphaltsteine von H. Chr. Meurer — DRP. 134410[4]). Der wasserbeständige und wasserundurchlässige Stein besteht aus einer Kalksandmischung, in der Asphalt oder ein ähnliches Material (z. B. Teer) derart verteilt ist, daß die Sandkörner mit einer Haut dieses Stoffes vollkommen überzogen sind.

Zunächst wird heißer Asphalt mit dem Sande zusammengebracht und erst nachdem die Asphalthaut auf dem Sande erstarrt ist, der Kalkzusatz bewirkt. Das Überziehen des Sandes mit Asphalt kann entweder durch Einblasen des Sandes vermittelst eines Luftstromes in geschmolzenen Asphalt oder durch innige mechanische Vermischung beider erfolgen. Als zweckmäßig hat sich gezeigt nur $^2/_3$ des zu verwendenden Sandes und zwar den gröberen Teil dem Asphalt zuzusetzen, den Rest — $^1/_3$ feineren Sandes — dem Kalk beizumengen. Bei Mischung der Gesamtmasse — zweckmäßig unter Zugabe warmen Wassers — bildet sich an der Berührungsstelle zwischen Asphalt und Kalk eine seifenähnliche Verbindung des letzteren, welche die ganze Masse durchsetzt, ohne jedoch die Reaktionsfähigkeit des Kalks auf den Sand zu beeinträchtigen. Ein Tonzusatz ist gestattet. Die gleich den normalen Kalksandsteinen gepreßten und in Dampf erhärteten Steine zeichnen sich infolge eines fast vollkommenen Schlusses ihrer Poren durch große Widerstandsfähigkeit gegen Witterung, Temperatur und Feuchtigkeitseinflüsse aus, und können als Isolationssteine bestens Verwendung finden.

4. Kalksandstein von William Aron (Pat.). Geringe Mengen Tonerdesilikat enthaltender Sand ($87^1/_2$ Gew.-T.) und Kalk ($12^1/_2$ Gew.-T.) werden, nachdem Wasser durch Erhitzen bis 100° nahezu luftleer gemacht ist, dem Drucke dieses in Höhe von 4—5 Atm. ausgesetzt, gemischt, alsdann in stählerne Formen meist bedeutender Abmessung (z. B.

[1]) Die Steine — Hitzegraden bis zu 1300° C bei Kesselfeuerungen ausgesetzt — haben hier ihre Form ausgezeichnet bewahrt. Auch das Gefüge des aus Silikamehl gebildeten Mörtels war durchaus unverändert.

[2]) Vergl. Tonind.-Z. 1901, S. 1611.

[3]) Von Karl Frerichs.

[4]) Vom 7. April 1901. Vergl. Tonind.-Z. 1902. II, S. 1306.

3,0×4,5×1,5 m) gebracht und auf Wagen in mit Wasser von 150° C und 4 Atm. Druck gefüllte Erhärtungskessel gefahren. Durch ein im Kessel liegendes Schlangenrohr wird Dampf von 6 Atm. hinzugeführt; nach 36 Stunden wird das Wasser abgelassen und der Steinblock noch 15 Stunden dem Dampf ausgesetzt, alsdann an der Luft gelagert. Hier erlangt der Stein große Härte und ausreichende Festigkeit (angegebene Druckfestigkeit = 300 kg/qcm), ferner große Widerstandsfähigkeit gegen schnelle und starke Temperaturveränderungen, den Einfluß von Feuchtigkeit und Wasser, Frost usw.; das Material dürfte demgemäß für alle Bauzwecke geeignet erscheinen.

5. Kalksandsteine mit Eiseneinlagen:

a) Kalksandsteine mit Eiseneinlagen nach dem DRP. 122898[1]). Der Stein besteht nach Art der Betoneisenkonstruktionen und des Drahtglases aus einem Gemenge von 1 T. Kalk, 10 T. Sand und beliebigen Eiseneinlagen. Die Herstellung der Steine und Platten, im besonderen ihre Pressung und Erhärtung ist die normale. Gegenüber von Betoneisen-Steinen zeichnet sich das vorliegende Material durch sehr viel geringere Kosten sowie die folgenden technischen Vorteile aus: 1. Raschheit der Ausführung, 2. Erzeugung einer dauernd bleibenden Anfangsspannung in der Eiseneinlage, dadurch bedingt, daß bei der Erwärmung im Erhärtungskessel das Eisen sich mehr ausdehnt als der feuchte Kalkmörtel, und die Verlängerung der Eiseneinlage während des Erhärtungsvorganges, also auch nach dem Erkalten verbleibt. Ferner wird mitgeteilt, daß die verschiedene Wärmeausdehnung der Hauptmaterialien keinerlei Unzuträglichkeiten bedinge und daß der kieselsaure Kalk das Eisen derart schützt, daß es selbst bei längerem Liegen unter Wasser nicht angegriffen wird. —

b) Kalksandstein mit Eiseneinlagen nach dem DRP. 145034[2]). In den Kalksandstein werden Eisenfeilspäne oder dergleichen eingelegt und zwar in losen Bündeln oder in Form von Gerippen, die annäherend die Steingestalt besitzen, und bei großen Steinen eine Durchflechtung mit Eisendraht erfahren. Die Eisenbündel werden (z. B. durch Eintauchen in mit Salpetersäure angesäuertem Wasser) oberflächlich gleichmäßig oxydiert, also mit einer festhaftenden Rostschicht versehen, alsdann in Kalksandsteinmasse eingebettet; diese wird gepreßt und dem normalen Erhärtungsprozesse unterworfen. Unter Umständen werden auch die Eisenspäne vorher geglüht, um ihre Elastizität zu beseitigen.

§ 14. Die Prüfung der Kalksandsteine[3]):

Die Prüfung der Kalksandsteine erstreckt sich entsprechend der üblichen Reihenfolge in erster Linie auf ihr Äußeres, ihre normalen Abmessungen, die sich viel leichter innehalten lassen, als wie bei gebrannten Steinen, auf das Aussehen der Oberfläche, die Schärfe der Kanten, alsdann die Bruchfläche. Bei einem guten Steine muß letztere ein gleichmäßiges Gefüge des Steininneren ohne größere Einsprengungen oder Höhlungen erkennen lassen, und ein feineres bis grobes Korn zeigen. Je gleichmäßiger auch der Bruch selbst verläuft und aussieht, desto einwandsfreier ist in der Regel die Herstellung des Steines.

Weiter hat die Prüfung zu bestimmen das Raumgewicht (r), das spezifische Gewicht (s) und den Dichtigkeitsgrad des Steines, sowie seine Wasseraufnahmsfähigkeit. Bei einer Anzahl von Kalksandsteinsorten (14) hat der Wert von s nur unerheb-

[1]) Von Dr. R. v. Vietinghoff, pat. vom 3. November 1899.

[2]) Von A. Seigle, pat. vom 12. August 1902. Vergl. auch: Tonind.-Z. 1903, II, S. 2092.

[3]) Vergl. hierzu auch § 2 dieses Teils, S. 122—132 (4—14).

liche Schwankungen zwischen 2,43 und 2,61 ergeben (i. M. 2,54); erheblichere Unterschiede zeigt das Raumgewicht (1,60—1,93, i. M. 1,77) und dementsprechend auch die Dichtigkeit und Wasseraufnahme 9—18,4%, i. M. 14%, bezogen auf das Gewicht des lufttrockenen Steines.

Bei Bestimmung des Wasseraufsaugevermögens empfiehlt es sich auch, die Art und Zeit der Wasseraufnahme und -Abgabe zu bestimmen, um einen Vergleich mit anderen Steinen bezüglich der hygienischen Verhältnisse der Kalksandsteine herbeiführen zu können. Im besonderen wird diese Probe Aufschluß zu geben vermögen über die Bewohnbarkeit von Räumen, hergestellt mit Kalksandziegeln, wie über schnelle oder langsame Beziehbarkeit nach der Fertigstellung[1]). Bei Ausführung der Prüfung werden die Steine hoch- und flachkantig in das sie wenige cm hoch umgebende Wasser gelegt und beobachtet, ob das infolge der Kapillarkraft aufsteigende Wasser den Stein ganz oder nur zum Teil zu erfüllen vermag. Desgleichen ist der Stein auch von oben mit Wasser zu tränken und festzustellen, ob derselbe Wasser durchläßt. In entsprechender Weise sind schließlich die rückläufigen Vorgänge zu beobachten, im besonderen zu ermitteln, in welcher Zeit der ganz bzw. zur Hälfte mit Wasser getränkte Stein das letztere durch Verdunstung wieder verliert. Aus den von Chr. Nußbaum mit Kalksandsteinen (hergestellt nach dem Patent Olschewsky) durchgeführten Versuchen geht hervor, daß bei 18% Luftgehalt die Steine von aufsteigendem Wasser nur zum Teil erfüllt werden, hingegen bald von Wasser durchtränkt sind, wenn dieses von oben wirkt. Bezüglich der Wasserabgabe wurde festgestellt, daß bei 12—16° C der gesättigte, senkrecht stehende Stein in etwa 5 Tagen, der halbgesättigte in 2 Tagen lufttrocken wird, während ein durch nur einmaliges rasches Untertauchen befeuchteter Stein 24 Stunden bis zur vollkommenen Trocknung braucht. Aus den Ergebnissen der Versuche mit den 18% Wasser haltenden Steinen zeigt sich, daß sie guten Hintermauerungssteinen in hygienischer Beziehung annähernd gleich stehen und sich gleich jenen durchaus gut zum Hausbau eignen. Nimmt ferner, wie weitere Versuche ergeben haben, der Luftgehalt, d. i. die Porenmenge der Steine erheblich zu, so zeigen die senkrecht mit einer schmalen Fläche 4 cm tief im Wasser stehenden Steine eine sehr viel schnellere Wasseraufnahme und vollkommene Sättigung, trocknen aber auch schneller als dichtere Steine wieder vollkommen aus[2]).

Die Prüfung auf Druckfestigkeit pflegt an einem würfelähnlichen Körper ausgeführt zu werden, welcher aus zwei halben, mit Zementmörtel aufeinander gemauerten Steinen besteht und demgemäß eine Grundfläche von 12,5 × 12 cm bei einer Höhe von rd. 15 cm aufweist. Nach genügender Erhärtung werden die Druckflächen noch mit Portland-Zement abgeglichen und nach etwa 8 Tagen der Stein auf einer hydraulischen Presse (System Martens oder Amsler-Laffon) zerdrückt. Die Prüfung von 34 verschiedenen Kalksandsteinsorten ergab eine durchschnittliche Druckfestigkeit von 163 kg/qcm bei trockenen Steinen; 13 Proben erreichten die allgemein geforderte Mindestdruckfestigkeit von 141 kg/qcm nicht, 3 von ihnen blieben sogar unter 100 kg/qcm zurück (die geringste Sorte zeigte 75 kg/qcm), während 5 Proben eine Druckfestigkeit über 200 kg/qcm, eine von ihnen sogar einen Wert von 300 kg/qcm aufwies.

Am wassergesättigten Druckkörper zeigte sich ein Rückgang der Festigkeit um 10—20 kg/qcm.

Beim Frostversuche werden in der Regel ganze Steine 25 Normal-Frostversuchen ausgesetzt und erst nach diesen zu einer würfelähnlichen Form zusammengemauert, um

[1]) Vergl. Chr. Nußbaum, Kalksandstein-Prüfung in H.-Z. 1899, Wochenausgabe, S. 86 u. f.
[2]) Vergl. auch Tonind.-Z. 1903, I, S. 157.

nach der Erhärtung zerdrückt zu werden. Als durchschnittliche Abnahme ist bei 26 geprobten Steinsorten eine Druckfestigkeitsabnahme von 7 kg/qcm bestimmt worden; die größte Abnahme betrug 26 kg/qcm.

Es leuchtet ein, daß der vorerwähnte Druckversuch wegen der immerhin schwierigen und lange dauernden Herstellung des Probekörpers sich als dauernder Kontrollversuch für die Fabrikationsbedürfnisse wenig eignet. Hier wird man in der Regel mit einem halben Steine — also einem plattenförmigen Körper — die Druckfestigkeitsbestimmung durchzuführen haben. Die nachfolgende Zusammenstellung[1]) ergibt, an 7 verschiedenen Probesteinen ermittelt, das Verhältnis der an halben Steinen gefundenen Druckfestigkeit zu derjenigen eines Probekörpers, welcher durch Aufeinandermauerung zweier Hälften in annähernder Würfelform hergestellt wird.

Probe Nr.	I. Druckfestigkeit des halben Steines	II. Druckfestigkeit des gemauerten Würfels	Verhältnis von I : II
1	287 kg/qcm	203 kg/qcm	100 : 71
2	172 „	101 „	100 : 59
3	193 „	136 „	100 : 70
4	146 „	100 „	100 : 68
5	133 „	151 „	100 : 88
6	109 „	78 „	100 : 72
7	69 „	60 „	100 : 87

Aus der Tabelle ergibt sich, daß ein nur geringer Zusammenhang zwischen der wissenschaftlichen genauen Prüfung und der vereinfachten besteht. Als mittleres Verhältnis folgt aus der Zusammenstellung 100 : 72,6[2]).

Die Prüfung auf Abnutzung erfolgt in gewöhnlicher Weise durch Abschleifen mehrerer Probestücke von 50 qcm Fläche und zwar in vollkommen trockenem Zustande und bei 30 kg Belastung auf einer Bauschingerschen Abschleifmaschine. Nach 440 Umdrehungen wird der — unter Verwendung von Naxosschmirgel Nr. 3 — abgeschliffene

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, II, S. 1737, nach Untersuchungen aus dem chemischen Laboratorium für Tonindustrie von Prof. Dr. H. Seger und E. Cramer.

[2]) Bei den oben erwähnten 7 Kalksandsteinproben ergaben sich die Werte r, s, w und 1—d folgendermaßen:

Probe Nr.	Raumgewicht r	Spezifisches Gewicht s	Wasseraufnahme w in Gewichtsprozenten	Undichtigkeitskoeffizient $1 - d = 1 - \frac{r}{s}$
1	1,898	2,543	13,24	0,26
2	1,814	2,451	13,97	0,26
3	1,781	2,509	16,15	0,29
4	1,785	2,561	15,80	0,31
5	1,695	2,591	18,53	0,35
6	1,690	2,592	18,04	0,35
7	1,620	2,559	20,64	0,38

Diese Tabelle bestätigt, im Vergleiche mit der obigen die Annahme, daß die Festigkeit der Kalksandsteine eine Funktion ihrer Dichtigkeit ist.

Gewichtsverlust festgestellt. Derselbe geteilt durch das Raumgewicht des Steines, gibt die Abnutzung in ccm an.

Die Prüfung auf Feuersicherheit. Dieselbe findet entweder am einzelnen Steine[1]) oder — vergl. S. 125 u. 126 (7 u. 8) — an einem aus Kalksandsteinen und verlängertem Zementmörtel erbauten Versuchshäuschen statt, das mit verschiedensten Wandstärken hergestellt wird und aus einem Brandraum und einem Beobachtungsraum zu bestehen pflegt. Auch wird zweckmäßig ein Teil des Brennraums durch ein Gewölbe überspannt, um auch das Verhalten dieses unter Einwirkung des Feuers zu prüfen. Beim Ablöschen des Feuers ist der volle Wasserstrahl der Spritze auf die glühenden Wände und das Gewölbe zu richten.

Nach Beendigung der Probe ist die Wärme während des Versuches sowie jegliche Veränderung an Steinen und Mauerwerk festzustellen; auch empfiehlt es sich, die Wärmeleitung der Mauern durch Bestimmung ihrer Außentemperatur einzuschätzen.

[1]) Über die Ausführungsergebnisse solcher Prüfung im Vergleich zu den Festigkeitsverhältnissen in normalem Zustande geben die nachfolgenden Tabellen ein Beispiel. Bei der Prüfung handelte es sich um Steine aus den Olschewskyschen Werken, die mit Bernhardischen Pressen hergestellt waren.

Tabelle I.

Ergebnisse der Prüfungen auf Wasseraufnahme und Druckfestigkeit der Kalksandsteine, die im Feuer gewesen waren.

Bezeichnung der Proben durch den Antragsteller: „Kalksandziegel — Hartsteine — eigener Fabrikation".
Probenform und Abmessungen: Vollsteine; mittlere Abmessungen: 25,0 . 12,0 . 6,0 cm.
Zugerichtete Versuchsstücke*): 25,0 . 12,0 . 15,0 cm. — Gedrückte Fläche = 300 qcm.

Probe Nr.	Wasseraufnahme-Vermögen: Gewicht bei der Einlieferung kg	Gewicht nach dem Trocknen kg	Gewicht nachdem die Proben 24 Stunden unter Wasser gelegen kg	96 Stunden unter Wasser gelegen kg	125 Stunden unter Wasser gelegen kg	Wasser-Aufnahme der Probe kg	Wasser-Aufnahme berechnet auf 1 kg Probengewicht	Druck-Festigkeit der vom Feuer bestrichenen Steine im trockenen Zustande geprüft: Probe Nr.	Belastung. kg**): bei der Rißbildung	bei der Zerstörung
1	3,500	3,330	3,764	3,783	3,783	0,453	0,136	11	Risse und Zerstörung fielen zusammen	57300
2	3,351	3,258	3,683	3,713	3,713	0,455	0,140	12		54310
3	3,473	3,373	3,823	3,842	3,842	0,469	0,139	13		55810
4	3,423	3,284	3,764	3,787	3,787	0,503	0,153	14		57800
5	3,608	3,438	3,836	3,869	3,869	0,431	0,125	15		55310
6	3,425	3,308	3,756	3,773	3,773	0,465	0,141	16		52820
7	3,495	3,332	3,773	3,793	3,793	0,461	0,138	17		58790
8	3,482	3,353	3,784	3,801	3,801	0,448	0,134	18		61780
9	3,594	3,473	3,885	3,921	3,921	0,448	0,129	19		40880
10	3,403	3,273	3,713	3,736	3,736	0,463	0,141			
Mittel	3,475	3,342	3,778	3,802	3,802	0,460	0,138	—	—	54977
					Mittlere Druckfestigkeit in kg/qcm:			—	—	183

*) Je zwei Steine wurden mit Portland-Zementmörtel aufeinander gemauert und auf beiden Druckflächen mit demselben Mörtel abgeglichen.

**) Die Zahlen sind nur bis ± 2,5% zuverlässig.

Zum Schlusse sei auch auf eine chemische Prüfung der Kalksandsteine durch eine quantitative Analyse hingewiesen, welche im besonderen den Gehalt an Kohlensäure zu bestimmen hätte, der zweckmäßig nicht über 2 % steigen soll. Ergibt sich ein Mehr, so folgt hieraus entweder die Verwendung unzweckmässigen Kalkes, der schon vor Herstellung der Steine Kohlensäure angezogen hatte, oder eine mangelhafte Herstellung der Steine, ungenügende Mischung, nicht ausreichende Erhärtung und dergl.

Tabelle II.

Ergebnisse der Prüfungen auf Druckfestigkeit der Kalksandsteine, die nicht im Feuer gewesen waren.

Bezeichnung der Proben durch den Antragsteller „Kalksandsteine".

Probeform und Abmessungen: Normalziegelformat; mittlere Abmessungen: $25_{,0}$. $12_{,0}$. $6_{,5}$ cm.

Zugerichtete Versuchsstücke*): $12_{,0}$. $12_{,0}$. $14_{,5}$ cm; gedrückte Fläche = 144 qcm.

Druckfestigkeit:							
Nach dem Gefrieren der wassersatten Proben im wassersatten Zustande geprüft**)				Im trockenen Zustand geprüft***)			
		Belastungen kg†)				Belastungen kg†)	
Probe Nr.	Gewicht kg	bei der Rißbildung	bei der Zerstörung	Probe Nr.	Gewicht im Anlieferungs-Zustande kg	bei der Rißbildung	bei der Zerstörung
1			30180	11			42620
2		Risse	29190	12		Risse	36900
3		und	26450	13		und	30980
4		Zer-	33170	14		Zer-	35410
5		störung	33670	15		störung	42120
6		fielen	30939	16		fielen	31930
7		zu-	32170	17		zu-	26950
8		sammen.	33920	18		sammen.	37400
9			29940	19			34410
10			36400	20			24460
Mittel	3,960	—	31602	—	3,600	—	34313
Mittlere Druck-Festigkeit in kg/qcm:			219			—	238

*) Die Mauersteine wurden mit der Steinsäge in zwei Hälften geschnitten, diese mit Portland-Zement aufeinander gemauert und auf beiden Druckflächen mit Portland-Zement abgeglichen.

**) Zehn Steine, welche 150 Stunden im Wasser gelegen hatten, wurden vor dem Schneiden 25 mal einer Kältewirkung von etwa — 12° C ausgesetzt und im Wasser von Zimmerwärme wieder aufgetaut.

***) Die Versuchsstücke wurden bis zu gleichbleibendem Gewichte getrocknet.

†) Die Zahlen sind nur bis ± $2_{,5}$ % zuverlässig.

Charlottenburg, den 16. Mai 1898.

Königliche mechanisch-technische Versuchsanstalt.

Der Direktor. Der Abteilungsvorsteher.

Kapitel IV.

Kunststeine unter Verwendung von Portland-Zement als Bindemittel[1]).

§ 15. Zement-Kunststeine im allgemeinen.

Mit Hilfe von Portland-Zement als Bindemittel und unter Hinzufügung geeigneter Füllstoffe, Sand, Steinpulver aller Art, gebrannten Ton und dergl., lassen sich bei guter Herstellung beständige, feste, sandsteinähnliche Kunststeine erzielen. Dieselben bilden ein beliebtes und vielfach verwendetes künstliches Steinmaterial.

In den meisten Fällen wird Zement und Sand mit oder ohne Kies oder kleineren Steinbrocken in Leim-, Gips-, Holz- oder Eisenformen (für schwere Stücke) und unter Zusatz der notwendigen Wassermasse verarbeitet. Die Herstellung der Steine kann, nachdem Zement und Sand zunächst trocken gemischt und dann mit Wasser bis zur Erdfeuchtigkeit angerührt sind, erfolgen entweder durch Guß oder durch Einstampfen oder Einpressen in die Form. Beim Gießen ist ein gutes Einrütteln des weichen Materials nicht zu umgehen, um alle Ecken der Form und sonstige schwer zu erreichende Stellen gut auszufüllen. Nicht selten zeigen sich bei den Gußzementsteinen infolge der Schwierigkeit, den Guß dicht herzustellen, Blasen und Hohlräume, Sprünge, Haarrisse und ähnliches, Erscheinungen, welche die schädigende Einwirkung des Frostes erheblich vergrößert. Durch Patent hat die Sandsteingießerei Ischyrota-Berlin sich ein Verfahren schützen lassen, Zementgußsteine dadurch möglichst dicht herzustellen, daß die Luft während der Zusammenmengung im Mischgefäße verdünnt, die Steinmasse also entlüftet wird. Wie die Prüfungsergebnisse[2]) einerseits, andererseits die durchaus gute Bewährung bei Bauausführungen erkennen lassen, läßt sich auf die angegebene Weise auch eine einwandfreie Sandsteinnachahmung erzielen.

Beim Stampfen der Zementkunststeine wird vielfach in die Form zunächst eine fette Mischung (1 Zement und 1 Sand) einige cm stark eingestampft und auf sie alsdann die magere Mörtel- bezw. Betonmischung aufgebracht. Bei sehr großen und weit ausladenden Stücken werden auch nach Art des Betoneisenbaues Eisendrähte und Drahtgewebe eingelegt und mit Mörtel umstampft.

---

[1]) Vergl. u. a. Tonind.-Z. 1902, S. 1265, und Bm. I, S. 403.

[2]) Nach Versuchen der Kgl. Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin haben sich bei den vorgelegten Gußsteinproben die folgenden Festigkeitszahlen ergeben:

a) Die Zugfestigkeit, erprobt an normalen Acht-Körpern und bei 5 qcm Zerreißquerschnitt: 1. in trockenem Zustande 47 kg/qcm, 2. wassersatt 31 kg/qcm, 3. ausgefroren, und zwar an der Luft 24, desgl. 4. unter Wasser 28 kg/qcm.

b) Die Druckfestigkeit, festgestellt an einem Würfel von 6 cm Kantenlänge und unter den bei a) angegebenen Versuchsbedingungen: 1. 374, 2. 323, 3. 324, 4. 282 kg/qcm. Bei Platten von 7,1 . 7,1 × 4 cm, ferner bei Pfeilern von 10 . 10 . 50 cm ergab sich eine Druckfestigkeit von 454 bezw. 259 kg/qcm.

c) Die Biegungsfestigkeit 37,6 kg/qcm.

Der Härtegrad wurde zu 4, das Raumgewicht zu 2,026, die Wasseraufnahme zu 12,7% des Gewichtes, die Abnutzung auf 36 qcm Fläche und bei 30 kg Belastung zu rd 38 ccm festgestellt. Die Versuche auf Wetterbeständigkeit bestand das Material vollkommen.

Der Patentsandstein Ischyrota hat vielfach Verwendung gefunden zu den verschiedensten baulichen Anlagen des Hochbaues (zu ganzen Schauseiten, Sockelsteinen, Quadern, Gesimsen, Fensterbänken, Säulen, Figuren, Ornamenten, Treppen usw.), zu Wasser-, Brücken- und Tiefbauten. Das Material ist vollkommen sandsteinähnlich und wird in jeder beliebigen Sandsteinfarbe und jeglichen Abmessungen geliefert. Verwandt wurde das Material u. a. zum Bau des Repräsentationshauses des deutschen Reiches auf der Weltausstellung zu Chicago im Jahre 1893.

Während man früher vielfach die Steine bis zur vollkommenen Erhärtung in ihren Formen ließ, nimmt man sie heute sobald als möglich aus diesen heraus, einerseits um eine gute Erhärtung aller, später besonders stark beanspruchten Kanten, Ecken und Außenflächen herbeizuführen, andererseits um an dem noch mehr oder weniger weichen Material ein Nacharbeiten bezw. eine steinmetzgemäße oder künstlerische Bearbeitung ausführen zu können. Es entstehen alsdann Steine, welche von Natursteinen kaum zu unterscheiden, alle Eigenschaften derselben besitzen, sich oft sogar durch eine größere Wetterbeständigkeit vor ihnen auszeichnen [1]) und höchstens allzu gleichmäßiges Aussehen zeigen.

Sehr wichtig für die Herstellung eines durchaus beständigen Zementkunststeines ist der Feuchtigkeitsgrad, schwankend je nach der Verwendungsart und Arbeitsmethode; im allgemeinen wird es genügen, eine gerade noch plastische Masse herzustellen und für dauernde Anfeuchtung der Steine während ihres Abbindeprozesses Sorge zu tragen; es gilt dies im besonderen von den Steinen, welche behufs weiterer Bearbeitung nach kurzer Zeit (6—10 Tagen) aus ihren Formen entfernt werden.

Gut hergestellte Steine sind — wie u. a. aus den Darlegungen in der untenstehenden Anm. hervorgeht — durchaus den natürlichen Sandsteinen gleichwertig. Wegen der gleichmäßigen Güte ihres Materials und Gefüges kann ihre zulässige Beanspruchung zu etwa $^1/_{10}$ der Festigkeit genommen werden; es erscheint also hier gegenüber den Naturgesteinen eine erheblich geringere Sicherheit gestattet.

Für bessere Kunststeine wird meist das Mischungsverhältnis von 1 T. Zement und 3 bis 2,5 T. Füllstoffe innegehalten. An Stelle von Quarzsand findet vielfach gemahlener bunter Sandstein Verwendung; es erübrigt sich dann der Zusatz eines Farbstoffes. Soll der Kunststein eine rauhe und dabei harte, gegen Abnutzung besonders gefestigte Oberfläche erhalten, wie dies z. B. bei Treppenstufen, Pflastersteinen, Platten und ähnlichem Material gefordert wird, so staubt man vor dem Einstampfen der Masse

[1]) Als Beispiele seien genannt die in den verschiedensten Färbungen des Sandsteines gelieferten Werksteine der Kunstsandsteinfabrik Gebr. Friesecke-Berlin, geeignet für Verblendarbeiten aller Art, Abdeckungen, Treppen usw. Die Steine zeigen nach der an der Kgl. Mechan.-Techn. Versuchsanstalt zu Berlin ausgeführten Prüfung im Mittel ein Raumgewicht von 2,104, ein spezifisches Gewicht = 2,563, eine Dichtigkeit = 0,821, eine Wasseraufnahme von 7 % und die nachfolgende Druckfestigkeit:

Steinart	Druckfestigkeit in lufttrocknem Zustande	Druckfestigkeit in wassersattem Zustande	Bemerkungen
1. Zementgrauer Kunstsandstein	182 kg/qcm	—	Hergestellt aus 1 T. Portland-Zement + 3 T. Steinmehl.
2. Braunroter „	275 „	—	
3. Weißer „	428 „	345 kg/qcm	
4. Rötlich-grauer „	416 „	339 „	
5. Gelblich-grauer „	351 „	303 „	
6. Granit-Kunststein	470—565 „	—	Hergestellt aus 1 T. Portland-Zement + $2^1/_2$ T. Steinkörnung von Kalkstein in roter, gelber und weißer Farbe.

Die Abnutzung beim Schleifversuche ergab bei Probe 1. 48,1, bei 6. 21,0—28,6 ccm, durch das Sandstrahlgebläse bei 6. 8,5—11,2 ccm.

Ähnliche Verhältnisse zeigt der Zementkunststein aus dem Hydrosandsteinwerke Schultze u. Co.-Leipzig.

Die ausgeführte Prüfung zeitigte hier die folgenden Ergebnisse: Zugfestigkeit 30,9 kg/qcm an 47 Tage alten Proben, Druckfestigkeit im Mittel 218,5 kg/qcm nach 45 Tagen, Biegungsfestigkeit im Mittel 30 kg/qcm nach 42—45 Tagen, Wasseraufsaugung nach 72 Tagen nur 2,01 % des Trockengewichts, Wetterbeständigkeit durchaus gut.

die angefeuchtete Form mit sehr feinem Quarzsande gleichmäßig aus und preßt hierauf die Zementmasse fest. Auch kann man zur Aufrauhung allzu glatter Flächen von Abwaschungen mit Salzsäure Gebrauch machen[1]).

Das Färben[2]) der Steine wird entweder — wie bereits vorstehend hervorgehoben — durch Verwendung von buntfarbigem Gesteinsmehl oder durch Beimengung zementfester Farbstoffe erreicht. Da die letzteren stets die Festigkeit des Steines mehr oder weniger beeinträchtigen, so verwendet man von ihnen zweckmäßig nur so viel als unbedingt notwendig; auch folgt hieraus zugleich, daß die Färbung mit hartem Gesteinsmehl die dauerhafteren Steine liefert. Als Farbstoffe empfehlen sich farbige, erdige Mineralien, Roteisenstein, Braunstein, Steinkohle, Bolus usw. oder unmittelbar hergestellte künstliche Mineralfarben als Chromgelb, gelber Ocker, Eisenoxyd (für rot), Smalte, Kobaltglas (für blau), bezw. für Mischfarben Gemenge aus diesen. Weiße Zementsteine werden in der Regel mit Marmormehl, gepulverten Porzellanscherben, weißem Sandsteinpulver oder dergl. gefärbt. Die Farbstoffe müssen auf das feinste gemahlen, oder geschlemmt sein. Das Farbmehl ist trocken mit möglichst hellfarbenem Zement zu verrühren und erst alsdann mit Wasser zu vermischen. Soll die Oberfläche ohne Ausführung einer Politur gut glänzen, so empfiehlt es sich, die Form in ihrem unteren Teile durch eine Glasplatte zu begrenzen, oder gut im Innern emaillierte Formen zu verwenden.

Eine nachträgliche Härtung der Zement-Kunstsandsteine zur Erzielung einer besonders widerstandsfähigen Steinmasse kann durch Tränkungen mit verschiedenen Stoffen ausgeführt werden. Man verwendet vielfach:

a) Wasserglaslösung von 10—20° Bé[3]). Der Stein wird derart in die Lösung gelegt, daß er zum Teil aus derselben herausragt, damit die Flüssigkeit allmählich den Stein durchzieht und die in seinen Poren vorhandene Luft hierbei nach oben und außen verdrängt. Der gesättigte Stein wird dann an der Luft getrocknet, wobei sich das kieselsaure Natron mit dem Kohlensäuregehalt der Luft z. T. in kohlensaures Natron und Kieselsäure umsetzt. Das erstere kristallisiert als weißliches Pulver aus und kann abgerieben oder ausgelaugt werden, während die Kieselsäure den im Zement etwa noch enthaltenen freien Kalk als kieselsauren Kalk bindet. Da hierdurch eine erhebliche Steinverfestigung bedingt ist, hat man auch schon, um die angegebene Einwirkung künstlich hervorzurufen, der Steinmasse von vornherein etwa 1% feinen, zu Pulver gelöschten Kalkes zugesetzt. —

b) Die Steine werden mit einer Lösung von Chlormagnesium von 10° Bé durchtränkt und hierauf bei 60—70° C wieder getrocknet, um alsdann — noch heiß — bis zur Sättigung in eine Lösung von Wasserglas (von 10—12° Bé) zu gelangen. Hierbei bildet sich kieselsaures Magnesium, welches den Stein erheblich härtet und seine Widerstandsfähigkeit erhöht, und Kochsalz. Das letztere krystallisiert aus und kann abgebürstet oder abgespült werden[4]).

[1]) Allerdings leidet hierunter die Festigkeit des Materials, wenn auch nicht sehr erheblich. Handelt es sich nur um eine Aufrauhung von Zementplatten- usw. Oberflächen, um Farbanstriche auf diesen haltbar zu machen, so empfiehlt sich hierzu das von Chr. Schramm in Offenbach a. M. hergestellte Aphrodin, welches sich durch Billigkeit, Einfachheit der Handhabung sowie seine durchaus gute Bewährung auszeichnet.

[2]) Vergl. u. a. Tonind.-Z. 1901, II, S. 2044, sowie die weiter unten folgenden Mitteilungen über die Färbung der Zementfliesen.

[3]) 10—20° Bé = zehn bis zwanzig Grad, gemessen am Beaumé'schen Volumenaräometer.

[4]) Nimmt man an Stelle von Chlormagnesium Chlorcalcium, so bildet sich kieselsaurer Kalk und Kochsalz. Ob man das eine oder andere wählt, ist für die Eigenschaften des Steines ohne Bedeutung.

c) Durch Behandlung mit den Kesslerschen Fluosilikaten (Fluaten)[1]). Je nach der Dichtigkeit der Steine dringen diese bis zu 1 cm Tiefe in die vorher gut zu reinigende Steinoberfläche ein. Die im Handel erhältlichen farblosen Kristalle werden in destilliertem oder weichem Wasser von mindestens 15° C bis zur vollkommenen Sättigung dieses gelöst. Ausgeführt werden 3 Anstriche hintereinander, und zwar der erste — um nicht sogleich eine oberflächliche Füllung der Poren zu bewirken, mit der dreifach verdünnten Sättigungslösung, nach 24 Stunden der zweite einfach verdünnt und nach der gleichen Zeit der dritte mit gesättigter Lösung. Hierdurch wird der imprägnierten Steinfläche eine vollkommene Wetterbeständigkeit verliehen, ohne daß wie bei a) und b) irgend welche löslichen Stoffe zurückbleiben. Auch lassen sich durch Fluate — und zwar Eisen-, Kupfer- und Chromfluate — zugleich wärmere Tönungen des Kunststeines erreichen[2]).

d) Mit einer künstlichen Härtung der Zementkunststeine befaßt sich auch das englische Patent 11805[3]). Die aus Portland-Zement und Sand oder dergleichen hergestellten Kunstmassen werden in ihren Formen in luftdicht verschlossene Behälter gebracht und hierselbst mittelst heißer, feuchter Luft gehärtet. Nach der mehrere Tage dauernden Härtung wird der von der Form befreite Gegenstand zur Nachhärtung in ein Bad von Wasserglas und nach Trocknen in ein solches von Calciumchlorid gelegt.

§ 16. Die Anwendungsgebiete des Zementkunststeines und seine verschiedenen Arten.

Das Anwendungsgebiet der Kunststeine aus Portland-Zement ist ein weit verzweigtes. Die Steine finden Verwendung in Form von Verblendsteinen, als Quader, als Sockelsteine, Abdeckplatten, zu Bordschwellen, Pfeilerkrönungen, Konsolen, Gesimsstücken, Fenster- und Türumrahmungen, Treppenstufen, zu figürlichem und ornamentalem Schmucke, ferner zu Pflastersteinen und Platten, zu Fliesen und Dachziegeln aller Art, zu Hohlplatten, Hohldielen usw.

Unter den normal hergestellten und gebildeten Verblendsteinen, Quadern usf. finden sich eine größere Anzahl von meist als Muster oder durch Patent geschützten Steinen mit seitlichen Ansätzen, Vorsprüngen u. dergl., die einerseits eine schnelle Bauausführung gestatten, weil die Stellung eines jeden Steines durch seine Form bestimmt ist, andererseits seitliche Verschiebungen und solche in der Tiefe verhindern[4]). Einen besonderen Form-

[1]) Vergl. Bm. VII, S. 95. Siehe auch Teil I dieses Lehrbuchs S. 90.

[2]) Die Kosten des Verfahrens überschreiten für 1 qm 50—90 Pfg. nicht. Der Wert der Fluatierung mag aus den nachfolgenden Prüfungsergebnissen entnommen werden: 3 Würfel a, b, c, a aus 3 Vol. Flußsand + 1 Vol. Portland-Zement, b aus 3 Vol. Dolomitsand + 1 Vol. Portland-Zement, c aus 1½ Vol. Granitsand + 1 Vol. Portland-Zement, wurden nach Abbinden und Trocknen in obiger Weise fluatiert. Der Abschleifversuch ergab als mittlere Abnutzung von a 50, von b 10, von c 16 ccm. Wie zu erwarten, war die Einwirkung auf den dolomitischen Sand die größte, während bei einem Quarzsande (a) sich naturgemäß weniger Einwirkung zeigte. Erwähnt sei zum Vergleiche, daß fluatierte Sandsteinwürfel unter den gleichen Versuchsbedingungen eine Abnutzung von 8,3—15,7 ccm ⊥-Lagerfläche und 9,2—14,0 ccm ∥ zur Lagerfläche aufwiesen.

[3]) Vom Jahre 1899; Inhaber Thomas Rouse. Vergl. Tonind.-Z. 1903, II, S. 2102.

[4]) Vergl. z. B. Die Eintzschen Betonsteine, diejenigen der Bergedorfer Zementfabrik (Dingler, Bd. 304 S. 152), die Schornstein- und Lüftungskanal-Steine, System Perle (Schweizer Bztg. 1901, Bd. XXXVII, S. 104) u. a. m.

stein stellt (Abb. 8) der Katzsche Dübelstein (DRP. 111113)[1]) dar. Der aus Beton hergestellte, an seiner Außenseite mit einem Holzklötzchen umwandelbar verbundene, sehr zweckmäßige Stein wird in der Abmessung $12^1/_2 . 12 . 6^1/_2$, $11 . 10^1/_2 . 6$, $14 . 12^1/_2 . 6^1/_2$, und $18 . 12^1/_2 . 6^1/_2$ cm geliefert.

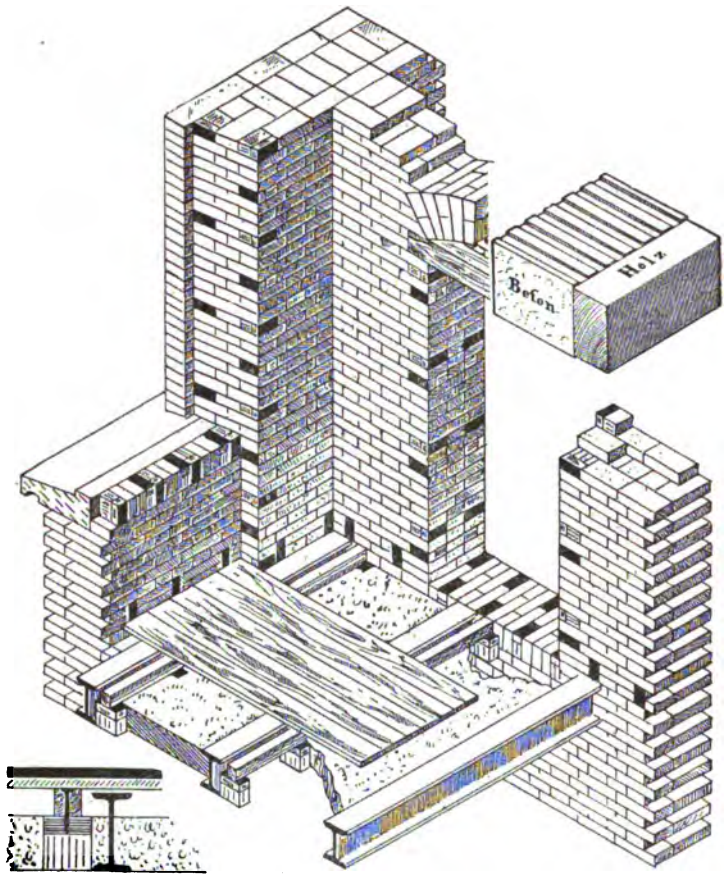


Abb. 8.

Die Steine gestatten, den Wänden und Decken eingepaßt und eingefügt, einen ebenso sicheren Halt, wie bequemen Anschluß aller Tischlerarbeit; sie finden in diesem Sinne Verwendung zum Anschlusse der Holzfußböden (auch bei gemauerten oder in Beton ausgeführten Treppen), der Holztäfelungen aller Art, ersetzen ganze Türzargen usw.

Die in der Regel 10 bis 13 mm starken Dachsteine aus Zement und Sand werden in den verschiedensten Formen, insbesondere aber als Falzziegel[2]), hergestellt und in der Regel unter hohem Drucke in Maschinen gepreßt[3]). Sie haben gegenüber den gebrannten Tonziegeln den Vorteil genauerer Form, also besseren gegenseitigen Schlusses, dauernd steigender Festigkeit im Laufe der Zeit, sehr viel geringeren Gewichtes und verminderter Kosten.

Für die Druckfestigkeit haben Versuche die folgenden Zahlen ergeben:

---

[1]) Von Dr. A. Katz (Waiblingen in Württemberg); die Steine werden auch mit Carbolineum imprägniert geliefert.

[2]) Bekannte Arten sind:

a) Die Thomannschen rhombischen Zement-Dachplatten DRP. 49238 (Hakenfalz-Zement-Dachziegel), Gewicht für 1 qm 35 kg (im Gegensatz zum einfachen Ziegeldach, das etwa 85 kg/qm wiegt), ferner der ebenfalls patentierte Thomannsche Langfalz-Zementziegel „Ideal" mit einem Gewicht von 30 kg für 1 qm Eindeckungsfläche, b) der Zement-Dachstein System Wienke (in Harriehausen a. Harz), ebenfalls durch Patent geschützt. Der nutenförmige Stein besitzt auf der Rückseite und an der Spitze eine Anhängenase und in der Mitte eine seine Widerstandsfähigkeit vergrößernde Verstärkung; das Gewicht eines qm eingedeckter Fläche beträgt etwa 35 kg. c) Die Staudacher Zement-Dachplatten; trapezförmige, an der Spitze abgerundete, an den Ecken abgeschnittene Platten bezw. Nachbildungen der Dachpfannen usw.

[3]) Vergl. Bm. I, S. 224/225, hier werden die für Dachsteine bewährten Bernhardischen Pressen besprochen.

Probe Nr.	Lufttrocken:	Wassergesättigt:	Nach dem Frostversuch:	
1.	87	73	75	kg/qcm
2.	52	56	46	
3.	53	44	51	
4.	55	47	47	

Die Wasseraufnahme beträgt im Mittel etwa 8—10%. Die Wasserdichtheit wird entweder durch Teerung oder Imprägnierung, oder dadurch erreicht, daß bei der Fabrikation des Dachsteines Zementfarbe aufgestreut und geglättet wird.

Als Imprägnierungsmittel hat sich eine Lösung von grüner Seife bewährt; da die Zementdachziegel meist freien Kalk besitzen, so bildet sich in den Steinporen eine unlösliche Kalkseife, welche den Stein wasserundurchlässig macht[1]).

Die Herstellung von Pflastersteinen aus Beton geschieht vielfach durch Einstampfen oder Pressen in eiserne Formen und zwar im Verhältnis von 1 Teil Portland-Zement, 3 Teilen Kies und 3 Teilen festen Steinschlag oder nach Art eines Zement-Makadams; hierbei wird eine Mischung aus 1 Zement und 10 Kies in die Form gefüllt und hierauf eine zweite Schicht von 5 cm Stärke, bestehend aus 1 Zement, 2 Steinschlag und 1/4 Kies, aufgebracht und der Stein gepreßt. Oft wird auch die oberste Schicht, um sie besonders widerstandsfähig zu machen, nur aus 1 Teil Zement und 2—5 Teilen Sand hergestellt. Für den Steinschlag empfiehlt sich nur ein sehr druckfestes, der Abnutzung wenig ausgesetztes Gestein; eine Nachhärtung kann durch Einlegen des Steines in Wasserglas geschehen.

In bezug auf seine Widerstandsfähigkeit steht Betonpflaster etwas unter, bezüglich der Reinlichkeit etwas über dem Asphalt; feucht bietet es den Hufen der Pferde sehr viel besseren Halt als letzteres Material, ist diesem auch durch seine geringeren Anlage- und ganz besonders infolge seiner sehr verminderten Unterhaltungskosten überlegen. In Nordamerika, woselbst das Betonpflaster eine stetig ausgedehnte Verwendung findet, hat es sich gut bewährt[2]).

Auch für Wasserbauten haben sich Zementkunststeine als recht zweckmäßig erzeigt, so u. a. beim Fischereihafen zu Geestemünde[3]), ferner bei den Weichselregulierungsarbeiten[4]), woselbst sie — in Größe von 40 . 40 . 25 cm — zur Befestigung der Buhnenkronen, für Uferdeckwerke und ähnliche Zwecke verwendet wurden usf.

Nach dem DRP. 75953[5]) können aus unregelmäßigen, natürlichen Pflastersteinen durch Umhüllung mit Beton regelmäßige Steine hergestellt werden. Zu diesem Zwecke erhalten die Natursteine nur einen annähernd rechtwinkligen und ebenen Kopf; die

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, I, S. 110.

[2]) Vergl. Bm. I, S. 224 u. 225. Hierselbst sind auch Einzelheiten der amerikanischen Pflasterung in Beton mitgeteilt.

[3]) Die Mischung bestand hier aus 1 T. Zement, 2 T. Sand, 2 T. Kies, 2 T. zerschlagenen Piesberger Kohlensandsteinen. Die Kosten betrugen für die Herstellung eines cbm einschließlich des Materials 37 M., für die Verlegung 4 M. für 1 qm.

[4]) Vergl. Z. d. B. 1903, S. 472: Bestimmungen für die Herstellung und Verwendung von künstlichen Pflastersteinen aus Beton, erl. von der Weichselstrombauverwaltung. Hier ist verlangt, daß 1. die Steine nur aus hartem, scharfem, trockenem Sande oder ebensolchem Kies und bestem Portland-Zement hergestellt werden dürfen, daß 2. die Mischung aus 1 T. Zement + 6 bis 7 T. Sand oder 1 T. Zement + 5 T. Sand + 2 T. Kies bestehen soll, daß 3. die Masse zunächst trocken zu mischen und daß ihr dann allmählich Wasser (160—170 l/cbm) bis zur ausreichenden Durchfeuchtung zuzusetzen sei. Die Steine sind 4. alsdann zu stampfen bis zum Schwitzen, d. h. Heraustreten von Wasser auf der Oberfläche, während der Erhärtung genügend zu nässen und nicht vor 4 Wochen zu verbauen; als zweckmäßig ist es bezeichnet, die Steine erst einen Winter liegen zu lassen.

[5]) Von Otto Poetzsch.

gleichmäßige Form der Seitenflächen und die normale Höhe wird durch Ergänzung in Formen erzielt, also um den Stein ein Schuh aus Zementbeton herumgegossen, der die Abweichungen und Unebenheiten der Steinflächen ausgleicht.

Die Herstellung von Zementplatten und Zementfliesen als Flur- und dergl. Beläge, sowie für Gangbahnen aller Art findet heute in der Regel in eisernen Formen unter hohem Drucke statt. Hierbei werden die für Fußwege u. dergl. bestimmten Platten vielfach aus 2 Schichten hergestellt, einer unteren von $^2/_3$ der Gesamtstärke und einer Mischung von 1 Zement auf 4 Kies und einer oberen im Verhältnis von 1 : 1 bis 1 : 2 hergestellten. Sehr oft wird zur Erzeugung größerer Rauhigkeit die Oberfläche der Platten geriffelt oder gekerbt; für viele Verwendungsstellen erscheint jedoch diese Riffelung deshalb aus hygienischen Gründen nicht geeignet, weil sie die Reinhaltung der Oberfläche erschwert und sich in den Rinnen Krankheitsstoffe ablagern und ansammeln können[1]). Eine gleichmäßig rauhe Oberfläche ist bei dunkleren Platten durch Hinzufügung von Basaltstaub, bei hellen Fliesen durch Beimengung von Glaspulver zu erreichen. Soll die Fliese eine verschieden gefärbte Oberfläche[2]) erhalten, so kann die Farbschicht entweder — wie meist üblich und schon auf S. 121 (3) hervorgehoben — in den Formkasten eingebracht oder auf die in der Form bereits befindliche Masse aufgetragen werden. Im ersteren Falle wird in der Regel staubförmige Farbe in den Formenkasten, dessen Boden die Matrize bildet, gesiebt, die Hinterfüllungsmasse (1 Zement + 3 bis 4 Sand) aufgebracht, die Platte gepreßt, ausgehoben, umgedreht und die Matrize abgehoben, während bei der zweiten Art[3]) die feuchte, geglättete Oberfläche unter Verwendung einer Schablone oder dergleichen durch Furchen in einzelne Farbfelder geteilt und hierauf die trockene, pulverisierte Farbmasse vermittelst eines Streukastens aufgetragen wird, dessen Teilungswände dem Muster entsprechen; hierauf wird alsdann die vom feuchten Zement angesogene Farbe glatt verstrichen und mit der Platte durch Pressung[4]) innig verbunden.

Marmorierte oder mosaikartige, dem Terrazzo (S. 174 [56]) ähnliche Zementflächen werden vielfach aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Gesteinspulver und 2 Teilen möglichst verschiedenfarbiger Steinstückchen (von Marmor, Granit usw.) gemischt und in Formen gepreßt, um alsdann — falls erwünscht — geschliffen und poliert zu werden.

Die üblichen Abmessungen der Platten und ihre Gewichte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Art der Platte und Grundrißabmessungen	Stärke cm	Gewicht für 1 qm
Zementfliese. Quadratische Form. Seitenlänge 15—80 cm	3	65 kg
	4	85 „
	5	105 „
	6	125 „

Art der Platte und Grundrißmessungen	Stärke cm	Gewicht für 1 qm
Trottoirplatten. 15—30 cm Quadratseitenlänge	6—6,5	145 kg
Bordsteine. 25 × 13 cm im Querschnitt	13	65 kg für 1 lfm.

[1]) Vergl. hierzu die bei dem Abschnitte Glasplatten dargestellten Zeichnungen und Ausführungen.

[2]) Vielfach empfohlen werden u. a. die Marmarafarben der Leipz. Zementindustrie, Dr. Gaspary u. Co. zu Markranstädt. Sehr dauerhafte Färbungen erhält man auch durch Mischung von zementbeständigem Farbstoffe und äußerst fein gemahlenem, vorher geglühtem und abgelöschtem Chalcedon oder Feuerstein mit Kalkmilch und etwas Wasserglaslösung. Diese Mischung wird mit dem Pinsel auf die noch frische Zementoberfläche aufgetragen (nach Krüger, Handbuch der Baustofflehre, II. Band, S. 121, A. Hartlebens Verlag).

[3]) Z. B. bei dem DRP. 83600 von Römitz, pat. vom 21. Dezember 1894.

[4]) Zementplattenpressen werden hergestellt u. a. von der Maschinenbauanstalt Grether u. Co. in Freiburg im Breisgau, von der Maschinenfabrik C. Schlickeisen in Berlin, von Dr. Bernhardi Sohn, C. E. Draenert in Eilenburg usw.

Über die Eigenschaften und Festigkeitsverhältnisse von Zementfliesen (wenn auch bestimmter Sorten) geben Untersuchungen der Berliner Prüfungsstation für Baumaterialien Aufschluß [1]). Der Bruch zeigte sich uneben, rauh, das Gefüge gleichmäßig dicht, fein bis mittelkörnig; das Raumgewicht betrug im Mittel 2,11, das spezifische Gewicht 2,57, die Dichtigkeit mithin $\frac{2{,}11}{2{,}57} = 0{,}82$. Als Druckfestigkeiten ergaben sich an würfelförmigen, aus der Platte geschnittenen Körpern z. B. 295, 264, 480, 330 kg/qcm; die Biegungsfestigkeit stellte sich auf:

in trockenem Zustande,	in wassersattem Zustande,	nach den Frostversuchen
41 kg/qcm	31 kg/qcm	28 kg/qcm
38 „	39 „	41 „
46 „	39 „	41 „
64 „	62 „	57 „
28 „	20 „	29 „

Der mittlere Materialverlust, nach 440 Umdrehungen der Abschleifmaschine bestimmt, schwankte zwischen 18 und 30 ccm.

Vielfach tritt bei Zementfliesen und -Platten nach wenigen Tagen ein weißlicher Ausschlag auf der Oberfläche auf. Der Grund hierfür kann einerseits in den Rohmaterialien, und zwar in der Regel mehr im Sande und Wasser als im Zement liegen, andererseits durch eine wenig sorgfältige Nachbehandlung bedingt sein [2]). In letzterer Beziehung ist besonders zu erwähnen 1. die allzu lange Benutzung des Bades, in das die Fliesen nach dem Pressen zur Auslaugung löslicher Salze kommen, 2. das Ablagern der Fliesen nach ihrer Fertigstellung in Räumen, die starken Temperaturunterschieden ausgesetzt sind [3]). Die Ausschläge stellen sich meist als Salze — Karbonate und Sulfate — dar. Während die letzteren durch Auslaugen beseitigt werden können, müssen die ersteren durch Abwaschen der Platte mittelst verdünnter Salzsäure entfernt werden; legt man hiernach die Platten mit ihren Schauseiten auf mit Petroleum getränkte Lappen, so bleiben sie dauernd klar [4]).

Gegen das Auftreten des Ausschlages schützen — wie aus den vorstehenden Angaben ersichtlich — in allererster Linie ein gutes Rohmaterial, Sachkenntnis und Sorgfalt bei der Herstellung. Als sehr zweckmäßig muß es bei farbigen Fliesen bezeichnet werden, durch Beimengungen chemischer Art oder durch besonders starkes Pressen eine schnelle Erhärtung bezw. größere Verdichtung der Farbschicht herbeizuführen; alsdann bleibt die Farbseite rein und es bildet der Zementausschlag sich nur auf der Fliesenunterseite. Zugleich wird mit der größeren Dichtheit der Farbschicht auch ihr Naturglanz erhöht.

Ist Eisenoxyd zur Färbung verwendet, so ist darauf zu achten, daß hierin keine Schwefelsäure mehr vorhanden ist, da sich sonst durch Bildung schwefelsauren Kalkes

[1]) Vergl. die Angaben von H. Burchartz in B. M. 1903, Heft 5/6, S. 216 u. f. Nach B. M. 1902, S. 109, ist der oftmals durchgeführte Versuch von der Zusammensetzung der Zementfliesen auf ihre Festigkeitsverhältnisse zu schließen, als nicht gelungen zu bezeichnen, da hierselbst in erster Linie die Art der Herstellung und die Nachbehandlung maßgebend sind. Empfohlen wird als beste Auskunft über die spätere Bewährung für Fliesen die Abnutzungsprobe, im besonderen die mit dem Sandstrahlgebläse (nach Gary, vergl. S. 129 [11]) sowie B. M. 1904. Heft 3. S. 103—123.

[2]) Vergl. hierzu u. a. Tonind.-Z. 1901, I, S. 804 und S. 1049, desgl. 1902, I, S. 402, und 1902, II, S. 1277/78.

[3]) Es empfiehlt sich, die Platten nach der Auslaugung 3 Wochen in besonderen Trockenräumen, hierauf noch 2—3 Wochen in Lagerräumen zu lagern, die annähernd gleichmäßige Temperatur besitzen.

[4]) Bewährt zu haben scheint sich auch ein Überstreichen mit Kautschukbutter (von der chem. Fabrik Busse in Hannover-Linden) in 3 T. Petroleum gelöst, vergl. Tonind.-Z. 1901, I, S. 1049.

sogen. „Gipstreiber" bilden, welche ein Abheben der Farbschicht als dünne Platte im Gefolge haben. Oft liegt auch der Grund zur Entstehung von Rissen auf der Farbschicht und Abblätterungen der Oberfläche in einer allzu feinen Mahlung der Farbschicht und dem hierdurch bedingten starken Setzen dieser.

Eine besondere Art von Zementplatten stellen die Erzeugnisse der Firma Dr. Bernhardi Söhne, C. E. Draenert, Eilenburg, in den sogen. Argilla-Zement-Mosaikplatten dar[1]). Die mit den leuchtenden Farben der Ton-Mosaikplatten ausgestatteten, nach einem Geheimverfahren unter sehr hohem Drucke hergestellten Fliesen zeichnen sich durch hohe Festigkeit, äußerst geringe Abnutzung, vollkommene Ausschlagfreiheit und sehr regelmäßige Form aus; sie verbinden mithin in ihrer Härte und Festigkeit die guten Eigenschaften der Zementfliesen mit der bei letzteren bisher nicht erreichten Farbenschönheit und Lebhaftigkeit der gebrannten Tonplatten. Durch einen außerordentlich hohen Druck beim Pressen und bei genügender Lagerung der Platten vor dem Verlegen erreicht die Farbschicht eine sehr hohe Festigkeit, die sich zudem im Laufe der Jahre unter dem Einflusse der Atmosphäre und des Wassers beim Reinigen dauernd vergrößert. Die emailleartige Schicht ist so fest, daß gegen ein Ablaufen derselben bis auf 20 Jahre hinaus Sicherheit geboten werden kann.

Die zur Herstellung notwendigen Pressen werden von der oben genannten Firma geliefert.

Zementdielen kommen zur Herstellung ebener wie gewölbter Deckenfelder, innerer und äußerer Wände, zur Unterstützung der Dachdeckung, zu Isolierungszwecken aller Art usw. in zwei gebräuchlichen Formen vor. Die erste Form[2]) zeigt zur Erhöhung der Festigkeit bei geringem Gewichte eine gerade ebene Vorderseite, an die sich verschiedenartige Rippen, z. B. nach Art der Bienenwaben und dergl. anschließen (Abb. 9a), während die zweite Art[3]) durch zylindrische, in der Längsrichtung der Dielen hindurchgehende Hohlräume durchbrochen wird (Abb. 9b).

Die in der Regel mit Nut und Feder ineinandergreifenden Platten werden sowohl vollkommen eben als auch in Form von Tonnengewölben (Abb. 10), bezw. mit gerader Ober- und nach einem Kreiszylinder geformter Unterfläche geliefert (Abb. 11). Ihr Material besteht meist entweder aus 1 Teil Zement und 5 Teilen Quarzsand oder aus 1 Teil Zement und 5 Teilen Bimskies. Insbesondere zeichnen sich die letzgenannten

---

[1]) Vergl. das Preisverzeichnis der genannten Firma: Zementplatten und Kunststeinpressen, das neben der Besprechung der Fabrikationsmethode auch die zur Verwendung gelangenden Maschinen nebst Einzelheiten darstellt.

[2]) Z. B. die patentierten Zementdielen der Firma Otto Böklen in Lauffen am Neckar, vgl. das Preisverzeichnis der Firma. Die Länge der Dielen beträgt rd 100 cm, ihre Breite 30—50 cm, ihre Dicke 6—14 cm.

Die Zugfestigkeit der lufttrockenen, aus 1 T. Zement und 3 T. Sand hergestellten Platten (s = 1,96) wurde zu 47,2, in wassersattem Zustande zu 44,13, nach dem Frostversuche an der Luft zu 39,9, unter Wasser zu 31,3 kg/qcm seitens der Berliner Prüfungsanstalt ermittelt, während in Stuttgart die Druckfestigkeit zu 22—45 kg/qcm (bei s = 2,16—2,20) gefunden wurde; die normale Abschleifgröße hat sich zu 18,3 ccm im Mittel ergeben, die Wasseraufnahme nach 12 Stunden zu 5,2 %, nach 125 Stunden zu 6,2 %.

Die Dielen werden zur Herstellung von Mauern in der Art verwendet, daß man je 2 Platten mit ihren Rippen gegeneinander kehrt und durch eiserne Klammern verbindet. Zu Gewölben werden entsprechend gewölbte Dielen verwendet.

[3]) DRP. 71351 und mehrfacher Musterschutz von Paul Stolte, Genthin, vergl. die gedruckten Erläuterungen der Fabrik. Nach einem Versuche der Prüfungsanstalt für Baumaterialien in Berlin trug eine Stoltesche Zementdiele von 105 cm Länge, 25 cm Breite, 7 cm Stärke und mit je 3 Bandeisen (1,2 . 23 mm) armiert eine Belastung bis 6000 kg/qm.

Abb. 10.

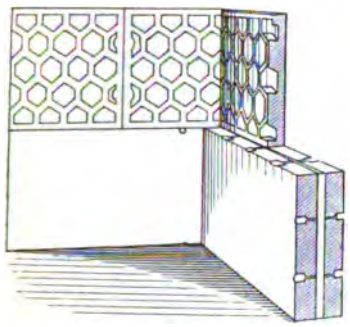


Abb. 9a.

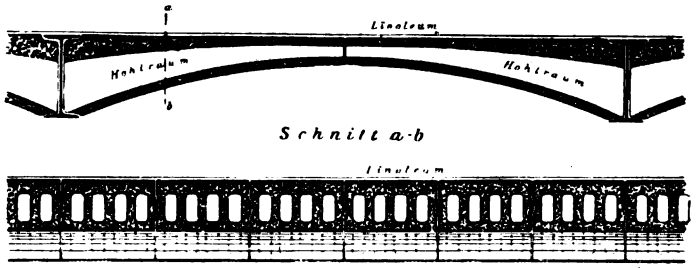


Abb. 11a u. b.

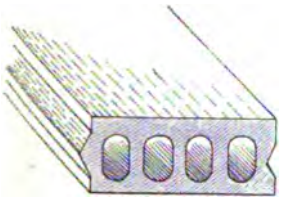


Abb. 9b.

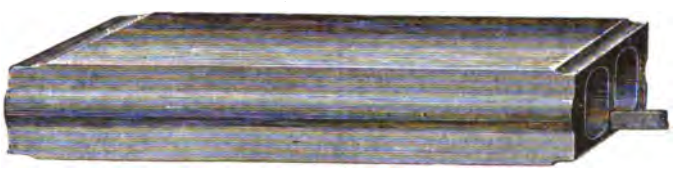
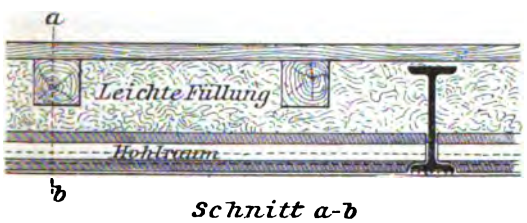


Abb. 12a.



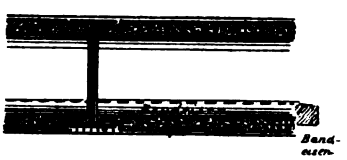


Abb. 12b.

Abb. 13a u. b.

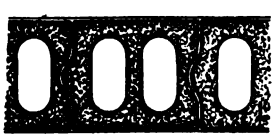


Abb. 12c.

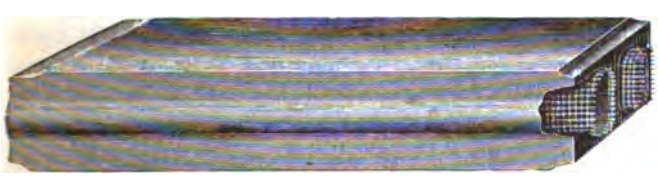


Abb. 14a.

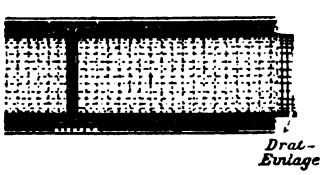


Abb. 14b.

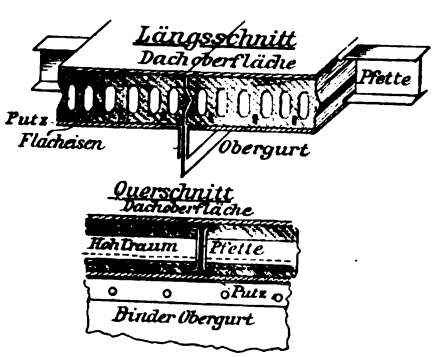


Abb. 15.

Abb. 14c.

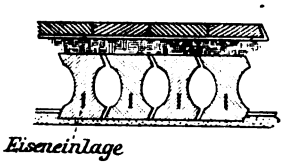


Abb. 16.

Dielen dadurch aus, daß sie sich mit den für Holz gebräuchlichen Werkzeugen bearbeiten lassen und gegenüber ihrer bedeutenden Tragfähigkeit ein sehr geringes Gewicht aufweisen. Auch werden die Stolteschen Dielen für Deckenkonstruktionen auf Erfordern mit Eiseneinlagen zur Aufnahme der Zugspannungen geliefert; diese Einlagen erstrecken sich hier entweder auf nahe der Unterfläche liegende Bandeisen (Abb. 12 u. 13), oder auf eine durchgehende, den Durchbohrungen sich ziemlich genau anschließende Drahtarmierung (Abb. 14).

Die Dielen für Decken werden in der Regel in Stärken von 5—15 cm geliefert und können bis zu 2 m Länge frei aufliegen. Für Wände — im besonderen schnell auszuführender Bauten — finden die Dielen einfach oder doppelt[1]) in Stärke von 6, 7, 8 und 10 cm Anwendung. Bei Dachstühlen können die Dielen, die Zwischenfelder zwischen Sparren und Pfetten ausfüllend (Abb. 15), die Schalung ersetzen und eine unmittelbare Unterstützung für die Dachhaut bilden.

Das Gewicht der Dielen, bezogen auf je 1 qm, geht aus der nachfolgenden Zusammenstellung hervor:

1. Böklensche ebene Quarzsand-Zementdielen	5 cm stark 82 kg 7 „ „ 110 „ 10 „ „ 170 „ 12 „ „ 180 „	4. Desgl. Bimsstein-Zementdielen	5 cm stark 50 kg 7 „ „ 75 „ 10 „ „ 90 „ 12 „ „ 110 „ 15 „ „ 125 „
2. Desgl. Bimsstein-Zementdielen	5 cm stark 55 kg 7 „ „ 70 „ 10 „ „ 115 „ 12 „ „ 120 „	5. Desgl. Stegzementdielen mit Bandeisen	5 cm stark 115 kg 7 „ „ 125 „ 10 „ „ 155 „ 12 „ „ 185 „ 15 „ „ 200 „
3. Stoltes Stegzementdielen ohne Bandeisen	5 cm stark 90 kg 7 „ „ 115 „ 10 „ „ 155 „ 12 „ „ 185 „ 15 „ „ 200 „	6. Desgl. Bimsstein-Zementdielen	5 cm stark 50 kg 7 „ „ 75 „ 8 „ „ 80 „ 10 „ „ 90 „ 12 „ „ 110 „ 15 „ „ 125 „

Eine besondere Art von Zementdielen stellen die von J. Wygasch in Beuthen (Ob.-Schl.) hergestellten Platten mit einem innen liegenden Weiden- oder Drahtgeflecht und mit Beimengungen von Rohr, Sägespänen und ähnlichen Füllstoffen dar. Die 1—3 m langen Dielen zeigen Breiten von 15—40 cm und Stärken von 1,75—3,5 cm[2]).

Schließlich seien noch die zwischen Holzbalken und I-Trägern verwendbaren Zementstaken von C. Dalmar in Trier (Abb. 16) erwähnt. Die in ihrer Zugzone mit Bandeisen armierten I-förmigen Dielen werden entweder aus Zement und Sand oder Zement und Bimskies hergestellt. Ihre Querschnittsform ist eine derartige, daß sie sich gegenseitig festhalten; ihr Gewicht beträgt 65—75 kg für 1 qm, ihre Länge 45—90 cm (und mehr), ihre Höhe 16 oder 18 cm, ihre Breite 12 und 13,5 cm, ihre Stegdicke 4, 4,5 und 5,5 cm. Die Tragfähigkeit der Staken kann zu ca. 1000 kg für 1 qm Deckenfläche angenommen werden.

[1]) Alsdann zweckmäßig mit etwa 5—10 cm Zwischenraum, welcher mit einem schlechten Wärmeleiter ausgefüllt wird.

[2]) Handelswaren sind Dielen von 2,5 m Länge und 25—30 cm Breite.

§ 17. Besondere Arten der Zementkunststeine.

1. Roschers Diabaskunststein[1]). Dieser Kunststein wird hergestellt einerseits aus dem in der Niederlausitz, im besonderen auf dem Koschenberge bei Senftenberg in starken Gängen auftretenden Diabas, andererseits aus Portland-Zement und zwar in einem von der Verwendungsart bedingten Verhältnisse. Der durchaus wetterbeständige und feste Stein kann beliebig gefärbt, geschliffen und poliert hergestellt werden; er kommt in den Handel in Form von Quadern, Werksteinen, Fußbodenplatten, Bordschwellen, Grenzsteinen usw.; auch kann er zur Herstellung eines Estrichs an Ort und Stelle Verwendung finden, hierbei einen fugenlosen, festen, nicht glatten Fußboden ergebend.

2. Der Kunstflintstein, nach dem DRP. Nr. 104635. Flintstein von Natur aus sehr hart und spröde, eignet sich wegen dieser Eigenschaften als Naturgestein nicht zum Straßenpflaster, obwohl ihn seine große Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung sonst hierzu geeignet erscheinen läßt. Der patentierte Kunststein besteht aus kleinen, schwer spaltbaren Flintsteinstückchen, die durch Zementmörtel derart vereinigt sind, daß $^9/_{10}$ der Oberfläche aus Flintsteinteilchen bestehen.

3. Die Granitoidplatten der Grabower Zementfabrik Comet bei Stettin[2]). Die einer dreifachen, eigenartigen Verdichtungsmethode unterworfenen und dann unter hohem hydraulischen Drucke gepreßten Platten bestehen in ihrer oberen Abnutzungsfläche nur aus Granitstückchen und Zement. Das Material ist porenfrei und bildet infolge seiner großen Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung einen vielseits anerkannten und verwendeten Ersatz für Natur-Granitplatten. Die für Bürgersteige, Durchfahrten, Höfe usw. mit rauher Oberfläche für (stark der Abnutzung unterworfene) Flurbeläge geschliffen gelieferten Platten sind in den Abmessungen von 35 . 35 . 6,5, 25 . 25 . 5, 25 . 25 . 3 bis 4 cm (auf Wunsch auch 50 . 50 groß) im Handel zu erhalten; ihre Verlegung findet auf 5 cm starker Sandbettung in Mörtel statt[3]).

Ein ähnliches Material liefert unter gleichem Namen auch O. Jantzen, Elbing[4]), hergestellt aus fein gebrochenem Hartstein und möglichst wenig Zement. Die Masse wird mit Hilfe besonders konstruierter Maschinen durch starkes Rütteln in den Formen gut verdichtet.

3. Kunstmarmor.

a) Nach den DRP. 27579 und 28338[5]) wird Portlandzement mit zementechten Farben verschiedener Stärke und Tönung trocken gemengt und eine jede Färbung zunächst für sich mit wenig Wasser zu einem möglichst steifen Brei gemischt. Die einzelnen Teigmassen werden ausgebreitet und lagenweise, je nach der gewünschten Färbung und Ordnung übereinandergelegt; hierauf wird die gesamte Masse zusammengeschlagen und in einzelne Scheiben derart quer zerschnitten, daß ein jeder Schnitt durch alle gefärbten Lagen hindurchgeht. Die einzelnen Scheiben werden in Formen gepreßt, nach Erhärten geschliffen und unter Zuhilfenahme von Härtungsmitteln (Wasserglas, besser Fluate) poliert.

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1900, II, S. 2010.

[2]) Vergl. Tonind.-Z. 1900, I, S. 496.

[3]) Die oben genannte Grabower Zementfabrik liefert auch künstliche, dem Granit ähnliche Hausteine (Komet-Hausteine genannt), die äußerst wetterbeständig in jeder Bearbeitungsart — scharriert gespitzt, bossiert — und in jeder beliebigen Profilausgestaltung geliefert werden. Vergl. Tonind.-Z. 1900, I, S. 497.

[4]) Vergl. Tonind.-Z. 1897, S. 57.

[5]) Von O. F. Jonath in Ruhrort.

b) Nachahmung von Breccienmarmor. Auf mit Rahmen seitlich abgeschlossenen Glastafeln werden verschiedenfarbige Zementmischungen hergestellt. Nach ausreichender Erhärtung werden dieselben zerschlagen und die einzelnen Stücke auf anderen Glasplatten in beliebiger Weise wieder zusammengesetzt und hierauf mit hellfarbenem Zementmörtel mehrere Zentimeter hoch hintergossen. Dieser Mörtel füllt einerseits die Zwischenräume zwischen den Bruchstücken aus — hierbei eine Aderung bezw. eine gleichartige Grundmasse — bildend, andererseits verleiht er der gesamten Platte die notwendige Standsicherheit. Die nach dem Erstarren abgehobene Platte ist vollkommen eben und glänzend, und bedarf höchstens eines leichten Überpolierens.

Will man geflammten oder gestreiften Marmor erhalten, so ist die frische buntfarbige Marmormasse untereinander zu rühren.

4. In gleicher Weise werden auch Granitplatten nachgeahmt, indem man ein Gemenge aus 1 T. Granitsand (bis Linsengröße) und 1/4 T. Portland-Zement mit Wasser zu einem dünnen Mörtel verrührt und diesen in 5—8 mm Stärke auf Spiegelglastafeln aufgießt. Die wegen ihrer Schwere nach unten sinkenden Granitstückchen bewirken eine gute Nachahmung des Naturgesteines.

5. Zement-Mosaik-Terrazzo[1]). Die bereits im Altertum bekannte Art der Terrazzo-Herstellung beruht auf der Verwendung verschiedenfarbiger oder gefärbter Marmorstückchen[2]), meist regelmäßiger Form, und Eindrücken derselben — gegebenenfalls nach Zeichnung (Mosaik-Terrazzo) — in eine Schicht von Zementmörtel; über die Marmorstückchen wird alsdann dünner Zementmörtel derart gegossen, daß er alle Fugen zwischen den Steinchen aufs genaueste ausfüllt. Die bis zur vollkommenen Abbindung feucht zu haltende Masse wird an ihrer Oberfläche nach Erhärten geschliffen und poliert. Eine von Zeit zu Zeit vorzunehmende Tränkung mit heißem Leinöl verhütet ein Stumpfwerden des Terrazzo.

Die Herstellung erfolgt meist in zusammenhängender fugenloser Schicht als Estrich, seltener in Form einzelner, alsdann mit möglichst engen Fugen zu verlegender Platten.

Ein solcher Terrazzo läßt sich auch ausschließlich unter Verwendung von Zement herstellen, wenn man aus verschieden gefärbter Zement-Kunststeinmasse prismatische Stäbchen gießt, diese in kleine Plättchen zerschneidet und letztere wie Marmorstückchen verwendet. Der hierdurch gebildete Terrazzo ist billiger, meist ebenso schön und zum mindesten von derselben Haltbarkeit wie die ersterwähnte Art, dabei aber gleichmäßigerer Abnutzung unterworfen wie diese.

6. Zementkunststein von J. Turner (engl. Pat. 2223 v. 30. I. 96). Kalkstein, Schiefer und beliebiges Felsgestein in gepulvertem Zustande, das letztere auch in Form von Steinschlag, werden mit Wasser gemengt, und die entstehende Masse dadurch in eine Art Zement umgewandelt, daß sie getrocknet und gebrannt wird. Die aus dem gewonnenen Zement hergestellte Steinmasse wird unter Druck geformt und zu Pflasterzwecken verwendet.

7. Lampelscher patentierter Kunststein. Er besteht aus feinem Sand, Ziegel- oder Schamottemehl und Zement, im Verhältnisse 1:10 gemengt und mit Wasserglas versetzt. Die ersten beiden feineren Schichten müssen für sich in etwa 12 Stunden austrocknen, ehe weiteres, gröberes Material zugeführt wird. Die bald erstarrende Masse wird durch Brennen zu einem sandsteinähnlichen Körper.

8. Zementsteine und Platten unter Verwendung von Sägespänen[3]). Soll aus Zement und Sägespänen ein leichter, gut bearbeitbarer und dauerhafter Bau-

[1]) Genaueres hierüber vergl. bei Abschnitt Portland-Zement.

[2]) Es ist Wert darauf zu legen, daß die einzelnen Steinstückchen annähernd dieselbe Härte besitzen.

[3]) Siehe Tonind.-Z. 1903, II, S. 1252.

stein hergestellt werden, so ist dafür Sorge zu tragen, daß die Bindung zwischen beiden Materialien eine innige wird und im besonderen die Sägespänmasse dem Zement nicht das zu seiner Abbindung benötigte Wasser entzieht. Deshalb werden, nach Absiebung gröberer Teile, die Sägespäne zunächst mit Wasser angefeuchtet, mehrfach durchgeschaufelt und hierauf etwa 24 Stunden gelagert; alsdann werden 3 R.-T. (= 100 Gew.-T.) Sägespäne mit 2 R-.T. (= 240 Gew.-T.) Portland-Zement innig gemischt und diesem Gemenge noch weitere 48 Gew.-T. Wasser zugesetzt. Die in Formen gepreßte Masse ist während des Erhärtens dauernd feucht zu halten, liefert aber alsdann einen durchaus brauchbaren Holz- und Steinersatz. Das Gewicht eines qm von 1 mm Stärke beträgt rd. 1 kg, das einer 15 mm starken Platte mithin 15 kg/qm. Die an Würfeln, aus der rohen Masse hergestellt, geprüfte Druckfestigkeit beträgt nach 7 Tagen 52,6, nach 28 Tagen 94,0 kg/qcm. Die Steine und Platten lassen sich ohne Mühe nageln und bohren und eignen sich besonders gut für Mauerdübel zur Befestigung von Tür-, Fensterrahmen u. dgl., da sie nicht wie Holzdübel schwinden oder reißen.

Mit der Vorbereitung organischer Zusatzmittel im besonderen von Sägespänen, Holzmehl u. dergl. zwecks Einbettung in Zement (Gips usf.) befaßt sich das DRP. 130314[1]). Das Verfahren, „Mineralisierung" benannt, stellt sich als eine weniger einfache Vereinigung einer Anzahl von Verfahren dar. Das zur Verwendung gelangende Holzmehl wird zunächst 2—3 Stunden mit einer siedenden Lösung von Borax (1 T. Borax auf 60 T. Wasser) behandelt, alsdann zur Freiwerdung der Zellen in einer Zentrifuge vollkommen entwässert. Hierauf wird die Masse der Einwirkung einer siedenden Lösung von Eisenchlorür, Essigsäure, Tonerde und etwas Borsäure (um die Durchdringungsfähigkeit zu erhöhen) unterworfen und nunmehr nochmals zentrifugiert. Alsdann ist die Masse vorbereitet — mineralisiert — um eine gute Bindung mit Zement usw. einzugehen. Als Anmache-Wasser empfiehlt sich hierbei eine verdünnte Lösung von schwefelsaurer Tonerde.

Im vorliegenden Verfahren wirkt zunächst Borax in zwei Richtungen ein, indem er Harze und Eiweißbestandteile zum Teil löst, zum Teil diese — während des Kochens — als Bekleidung auf den Zellwandungen niederschlägt. Die weitere Behandlung bezweckt alsdann die Überführung der noch löslichen Borsäure-, Harz- und Eiweißverbindungen in entsprechende unlösliche Eisen- und Tonerdesalze, so daß die Zellwandungen vollkommen mit unlöslichen Stoffen überzogen werden. Lösliche Stoffe werden ferner durch das Kochen und Zentrifugieren entfernt. Das Holzmaterial verhält sich alsdann bezüglich seiner Oberfläche wie ein Mineral gegenüber dem Bindemittel — daher der Name des Verfahrens. Die dem Anmache-Wasser beigefügte schwefelsaure Tonerde bezweckt schließlich auch die letzten Spuren löslicher Borate in unlösliche Verbindungen überzuführen.

Eine andere Vorbehandlung der Sägespäne, durch welchen diesen die Fähigkeit genommen wird, Wasser anzuziehen, ist in § 19 unter 10. auf S. 180 (62) mitgeteilt.

[1]) Von A. Skrobanek und A. König, pat. vom 20. Mai 1899. Vergl. auch Tonind.-Z. 1902, I, S. 668.

Kapitel V.

Kunststeine mit Hilfe gebrannten Gipses hergestellt.

§ 18. Das Rohmaterial.

Der durch Entwässerung — Brennen — aus dem in der Natur vorkommenden Gipsgesteine hergestellte Gips hat je nach seiner Brenntemperatur ganz verschiedene, für die Herstellung von Kunststeinen wichtige Eigenschaften. Je nachdem ein Teil des Wassers bei einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur ausgetrieben wird (bei etwa 115° C) oder das Brennen des Gipses in der Rotglut erfolgt, erhält man zwei außerordentlich verschiedene Rohstoffe. Der erstere niedrig gebrannte sogen. „Stuckgips“ erhärtet mit Wasser angemacht in höchstens 1/2 Stunde wieder zu einem mäßig harten und nicht wetterbeständigen Gipssteine, während der hochgebrannte „Estrichgips“ durch den Brennvorgang hydraulische Eigenschaften erlangt, sich also nach dem Anmachen mit Wasser und Erhärten widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüsse zeigt; allerdings ist bei dieser Art die zum Abbinden erforderliche Zeit eine wesentlich höhere als beim Stuckgips, dafür aber auch die Härte und Festigkeit des Materials eine sehr viel größere. Woselbst demgemäß künstliche Steine, Platten, Dielen oder dergleichen aus Gips im Innern der Gebäude und als nichttragende oder nur wenig belastete Konstruktionsteile Verwendung finden, wird man zu ihrer Herstellung Stuckgips heranziehen können, Estrichgips hingegen bei Außenmauern, Tragkonstruktion bevorzugen müssen; weniger gut erscheint für letztere Zwecke eine Mischung beider Materialien.

Stuckgips vergrößert während seiner Abbindung sein Volumen um etwa 1 %. Die hierdurch bedingte Ausdehnung ist jedoch insofern günstig für die Herstellung künstlicher Steinmassen, als hierdurch ein Eindringen der Gußmasse in die feinsten Einzelheiten der Form gesichert, dabei aber nicht zu befürchten ist, daß die Form zerspringt. Ein richtig gebrannter Estrichgips ist hingegen vollkommen volumenbeständig; er erleidet weder eine Vergrößerung noch ein Schwinden beim Anmachen und Abbinden.

Um den ein spezifisches Gewicht von 2,6 zeigenden Stuckgips zum Abbinden zu bringen und in eine plastische zum Verformen geeignete Masse überzuführen, wird das feingemahlene Gipspulver auf die Wasserfläche aufgestreut, in welche es hineinsinkt. Mit dem Aufstreuen fährt man solange fort, bis kleine Gipshäufchen aus dem Wasser heraustreten und rührt dann die dünnbreiige Masse möglichst schnell um. Das Mischungsverhältnis zwischen Wasser und Gips ist je nach der Güte des letzteren verschieden und schwankt zwischen 1 : 1,1 und 1 : 1,6; im allgemeinen wird man von gutem Gips, um härtere Kunststeinmassen zu erzielen, mehr als von geringem Material auf die gleiche Wassermasse verwenden müssen.

Estrichgips mit einem spezifischen Gewicht von 2,8—2,9 ist mit wesentlich weniger Wasser zu einer teigigen Masse von solch mörtelartiger Beschaffenheit zu vermengen, daß man die Masse mit der Maurerkelle bequem verarbeiten kann. Während sich beim Anrühren des Stuckgipses eine starke Wärmeentwickelung zeigt, ist hierselbst eine merkliche Temperaturerhöhung nicht zu beobachten. Die Erhärtung tritt erst allmählich ein, die volle Härte erst nach längerer Zeit. Für eine dauernde Feuchthaltung der Masse während dieser Zeit ist besonders Sorge zu tragen, da bei teilweiser Verdunstung des

Wassers vor dem Ende der Erhärtung die Masse mürbe und bröcklig wird. Guter Estrichgips steht an Festigkeit einem gewöhnlichen Ziegelsteine sowie dem Kalkmörtel durchaus nicht nach, übertrifft vielmehr durch seine Druckfestigkeit, seinen Widerstand gegen Abnutzung und seine Wetterbeständigkeit sehr viele Ziegel- und Mörtelmaterialien.

Während Stuckgips eine rein weiße Farbe besitzt, zeigt gut gebrannter Estrichgips stets einen Stich ins Gelbliche oder Rötliche; ein schwach blauer Farbenton läßt dagegen auf ein zu schwach gebranntes, nicht zu verwendendes Material schließen.

Daß Stuckgips — in 400 Teilen Wasser löslich — infolge seiner großen Porosität und geringen Härte nicht wetterbeständig ist, wurde bereits hervorgehoben. Versuche, die Oberfläche auf chemischem Wege zu härten, z. B. durch Anwendung von Alaun, Borax, haben bezüglich der Wetterbeständigkeit nur unvollkommene Ergebnisse gezeitigt; hingegen haben sich ein guter, rechtzeitig erneuerter Ölfarbenstrich, noch besser das Kesslersche Gipsfluat (Imperméabilisateur), als ein zweckmäßiges Schutzmittel bewährt.

Im Gegensatze hierzu kann der Estrichgips unbedenklich zu allen Außenarbeiten verwendet werden; ein Angriff seiner Oberfläche ist höchstens durch die mechanische Wirkung fließenden Wassers zu befürchten.

Die Verwendung des Gipses zu Kunststeinmassen erstreckt sich auf die Herstellung künstlicher Bausteine der verschiedensten Art, im besonderen den Kunst- oder Stuckmarmor, auf die verschiedensten Arten von Stuckarbeiten[1]), endlich auf das ausgedehnte Gebiet der Gipsplatten und Gipsdielen.

§ 19. Künstliche Bausteine aus Gips.

Normalsteine und Werkstücke aus Estrichgips hergestellt sind schwer und fest und können mit den Sandsteinquadern oder Zementkunststeinen in Wettbewerb treten. Hergestellt wurden — zuerst im Südharz und veranlaßt durch den hohen Preis der Tonziegel — Gipssteine im Normalformat aus Estrichgips, denen man bald, in Anbetracht ihrer durchaus günstigen Bewährung in bezug auf Festigkeit und Wetterbeständigkeit, größere Quader, profilierte Werkstücke aller Art, Gesimse, Sockel, Fenstergewände usw. aus der gleichen Masse folgen ließ. Werden die aus Estrichgips hergestellten Außenwände noch mit einem wasserdichten Anstriche (z. B. Leinöl) versehen, so übertreffen sie viele der natürlichen und künstlichen Baumaterialien an Wetterbeständigkeit[2]). Im besonderen ist die Frosteinwirkung eine sehr viel geringere, wahrscheinlich deshalb, weil die Oberfläche der Gipskunststeine viel schneller trocknet und wasserfrei wird, als die vieler anderer poröser Baustoffe.

Von besonderen Kunststeinen seien als die bekannteren erwähnt:

1. Hartmarmor, eine Kunststeinmasse aus Gips, Ätzkalk und schwefliger Säure oder Sulfiten hergestellt[3]).

Durch Vermengung von Gipspulver mit Ätzkalk unter Zusatz von Schwefelsäure kann man eine feste kristallinische Gipsmasse erzeugen. Hierbei geht jedoch die Neubildung des schwefelsauren Kalkes so stürmisch vor sich, daß eine gute Vermengung des-

[1]) Dieselben finden, da sie nicht als eigentliche Kunststeine angesehen werden können, bei dem Abschnitt „Gips" ihre Besprechung.

[2]) Neuerdings haben Untersuchungen von alten Bauwerken des nordwestlichen Deutschland ergeben, daß solche Gipsquadern schon vor mehr als 500 Jahren als Fundamentmauerwerk verwandt sind und sich vorzüglich gehalten haben.

[3]) DRP. 69 527 der deutschen Hartmarmorfabrik zu Halle a. S. (erfunden von Majewski).

selben mit dem Gipspulver schwer ausführbar ist. Deshalb ist es zweckmäßig, durch Verwendung schwefliger Säure oder von Sulfiten erst eine Zwischenbildung von Calciumsulfit zu erzeugen, das sich langsam bildet und gut mit dem Gips vermengt werden kann. Durch eine spätere Oxydation, die bei der feinen Verteilung des Calciumsulfits durch die ganze Masse hindurch genügend schnell eintritt, bildet sich alsdann nachträglich kristallisierter Gips. Die Oxydation wird zweckmäßig durch Behandlung der fertigen Masse mittelst heißen Wassers unterstützt, das zugleich etwa noch vorhandene lösliche Stoffe entfernt.

Hergestellt wird die Kunststeinmasse derart, daß man das Gipskalkgemenge mit wässeriger schwefliger Säure verrührt, deren Menge so berechnet ist, daß sie allen Kalk in Kalksulfit umsetzt. Der Steinmasse können auch Füllstoffe: Kohle, Asche, Schlackensand, Quarzsand, Infusorienerde usw. zugesetzt werden[1]).

Das Gefüge der dem Naturprodukt nahekommenden Steine ist kristallinisch, die Politur resp. die Härte etwa die gleiche wie bei Naturmarmor. Aus den Prüfungsergebnissen der Kgl. Prüfungsanstalt für Baumaterialien zu Berlin geht hervor, daß die Abnutzung in lufttrockenem Zustande im Mittel 18 ccm, die Druckfestigkeit lufttrocken 956 kg/qcm, in wassersattem Zustande 638 kg/qcm, bei Frostversuchen an der Luft 779 kg/qcm, desgleichen unter Wasser 660 kg/qcm beträgt und daß die Wasseraufnahme (= 0,36 v. H.) eine sehr geringe ist.

2. Annalytsteine (Gipsgußsteine). 1 Teil gemahlener, hochgebrannter Estrichgips, $^3/_4$ Teile scharfer Kiessand, sowie $^3/_4$ Teile zu scharfkantigem Grus gebrochene Hochofenschlacke, bezw. Bruchsteinabfall, kleingeschlagene Ziegelsteine oder dergl., werden mit Wasser zu einem gießbaren Brei gemengt. Derselbe erstarrt in Formen zu einem harten, wetterbeständigen, weißen Steine, der durch besondere Färbung, Beimengungen usf. ein marmor-, granitähnliches u. dergl. Aussehen erhalten kann.

3. Eine ähnliche Zusammensetzung besitzt auch der vielfach bewährte, durch DRP. 71299 geschützte Kunststein der Gipsfabrik Crailsheim.

Die Normalfarbe des Kunststeins ist der helle Ton des weißen Kalksteins; es läßt sich jedoch durch Zusatz geeigneter Farbstoffe auch hier jede andere Tönung (bezw. Steinnachahmung) erzielen. Die im mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule zu München vorgenommene Prüfung ergab sehr günstige Resultate, sowohl bezüglich der Festigkeit als auch der Wetterbeständigkeit des Materials.

4. Kunststeine aus Terra nova. Der vorwiegend als Verputzmaterial verwandte Baustoff eignet sich auch gut zur Herstellung von Kunststeinen; die aus Alabastergips, Ziegelmehl und Kalkbrei bestehende, durch Wasserzusatz plastisch gewordene Masse wird zu diesem Zwecke in Formen gegossen und gepreßt. Die grau, gelb und rot, nach Art von Ziegelverblendern gefärbten Steine, zeigen nach Versuchen der Berliner Prüfungsanstalt die folgenden Festigkeiten:

Probe I:

Biegungsfestigkeit im Mittel 10 kg/qcm.

	lufttrocken	wassergesättigt	nach den Frostversuchen an der Luft	nach den Frostversuchen unter Wasser
Zugfestigkeit nach 28 Tagen .	10,85 kg/qcm	8,68 kg/qcm	10,6 kg/qcm	10,75 kg/qcm
Druckfestigkeit nach 28 Tagen	46,1 „	33,3 „	38,8 „	35,1 „
Probe II:				
Druckfestigkeit nach 14 Tagen	71 „	57 „	55 „	60 „
Desgl. nach 28 Tagen . . .	87 „	68 „	68 „	68 „

[1]) Bei Zusatz von Quarzsand kann man auch den Ätzkalk in solcher Menge hinzufügen, daß nach Einwirkung der schwefligen Säure das Sulfit im Übergewicht bleibt, um mit der Kieselsäure des Sandes eine Silikatverbindung einzugehen. Hierbei wirkt eine Behandlung mit heißem Wasser in erheblichem Maße fördernd ein.

Die bei Probe I ermittelte Wasseraufnahme betrug nach 12 Stunden 7,5 %, nach 25 Stunden 9 %; die Abnutzung war eine große.

5. Viottis patentierter Gipsstein. Eine aus Borax (1500 g) und gebrannter Magnesia (150 g) zusammengeschmolzene und nach dem Erkalten pulverisierte Masse wird mit trockenem Gips (75 kg) und Füllmasse (Marmorpulver, Sand u. dergl.), auch Farbbeimengungen, unter Wasserzugabe zu einem Brei gemischt und in Formen gefüllt, in denen die Masse abbindet. Ist der Stein der Witterung ausgesetzt, so empfiehlt sich die Verwendung von Estrichgips und scharfem Quarzsande; soll er poliert werden, ist letzterer zu vermeiden. Die Steinmasse findet Verwendung zu Bauverzierungen aller Art und Verkleidungsplatten.

6. Kunstgipsstein nach dem DRP. 116610[1]).

Pulverisierter gebrannter Gips wird mit Magnesia-, Aluminium- oder Zinkoxyd (bezw. deren Hydroxyden) und mit verdünnter Phosphorsäure oder mit sauren phosphorsauren Lösungen der drei vorgenannten oder ähnlicher Oxyde zu einem Brei angerührt und — da die Masse nicht zu schnell erhärtet — in Formen gegossen. Es bilden sich feste phosphorsaure Verbindungen, die im Verein mit dem beigemengten gebrannten Gips und Wasser eine feste steinartige Masse von glänzendem porzellanartigem Aussehen ergeben. Der Masse können auch Füll- und Farbstoffe, auch (nach Art des Terrazzo) feinere und gröbere Steinstückchen zugesetzt werden.

7. Kunststein nach dem DRP. 146244[2]).

Ungebrannter Gips und Asbest, an dessen Stelle auch Talk, Speckstein oder ein anderer an kieselsaurem Magnesium reicher Körper treten kann, werden mit wasserfreiem, bis zum Schmelzen erhitztem Wasserglase zusammengerührt; die Masse wird erhitzt und gepreßt und hierauf in der Form noch längere oder kürzere Zeit geglüht, bis ein festes Steingebilde entsteht.

8. Kunststein, hergestellt durch Guß nach dem DRP. 108246[3]).

Gepulverter hydraulischer Kalk (7,5 kg) wird abgelöscht (mit 50 l Wasser) und durch Zusatz von 60-gradiger Schwefelsäure (1/8 l) z. T. in schwefelsauren Kalk verwandelt, um später eine schnelle und gute Verbindung mit dem Gips zu erreichen; mit dieser Masse wird Füllmaterial (Sägemehl[4]), Torfmull, Spreu, Asche, Sand u. dergl.) innig vermengt und hierzu feingemahlener und gut gebrannter Gips (35 kg) zugesetzt. Die steifflüssige Masse wird hierauf in Formen gegossen, in denen sie in kurzer Zeit ohne besondere Pressung zu einem hellklingenden, harten Steine erstarrt.

9. Der marmorartige Kunststein von J. A. Gran in Aalborg nach dem DRP. 84998[5]).

Zu seiner Herstellung werden 100 Teile Gips, 70 Teile Feldspat, 180 Teile Quarzsand und 25 Teile Borsäure mit Wasser angerührt; der entstandenen teigartigen Masse werden alsdann geeignet gefärbte Silikate zugesetzt, um bei dem darauffolgenden Brennprozesse Steine von gewünschter Färbung zu erhalten. Die Masse wird nunmehr in Formen gegossen, vorgetrocknet, bei heller Rotglut vorsichtig gebrannt und sorgfältig

[1]) Von Karl Raspe, pat. vom 30. September 1899. Vergl. Tonind.-Z. 1900, II, S. 2076.

[2]) Von Fr. Krüger und J. Denkelmann, pat. vom 12. Februar 1903. Vergl. Tonind.-Z. 1903, II, S. 2144.

[3]) Von G. A. Kiefer und W. Herbst, pat. vom 5. Dezember 1896. Vergl. Tonind.-Z. 1900, I, S. 89.

[4]) In obigem Mengenverhältnisse etwa 8 kg.

[5]) Pat. vom 29. Dezember 1894. Vergl. u. a. Bm. I, S. 88 und 116, und Deutsche Chemiker-Z. 1896, S. 116.

gekühlt. Es entsteht ein marmorartiger, farbenfrischer, beständiger, gleichartiger Kunststein.

10. Steinartige Masse nach dem DRP. 106099[1]) aus Sägemehl und Gips (oder Zement). Das Sägemehl wird zunächst in der Art vorbereitet, daß es mit Wasserglas und unter Zufügung von Asbestpulver — auch unter Zusatz von etwas Leim oder einem ähnlichen Bindemittel — sorgfältig längere Zeit gekocht wird, damit die feinen Teilchen des Sägemehls von Wasserglas vollkommen durchdrungen und von Asbest umhüllt werden. Durch diese Behandlung verliert das Sägemehl seine Eigenschaft, Wasser anzuziehen, wird unverbrennlich und auf seiner Oberfläche so verändert, daß es sich mechanisch gut mit Gips verbindet und mit diesem vermischt eine gleichartige Masse großer Festigkeit ergibt. Nachdem die Kunstmasse erhärtet ist, wird sie noch besonders künstlich getrocknet.

Nach dem Kochen mit Wasserglas können dem Holzmehl auch Sand, Teer, Quadern, Asphalt und ähnliche Stoffe zugesetzt werden; in jedem einzelnen Falle bewirkt das vorbereitete Sägemehl eine innige Bindung aller dieser Bestandteile.

11. Kunstgipssteine mit Leimwasser angemengt. Durch ein Anrühren des Gipses mit Leim- (Gelatine-) Wasser wird dem Kunststein bei verlangsamter Abbindung eine größere Härte gegeben; jedoch darf der Leim nicht stärker als im Verhältnis 1 : 10 mit Wasser gemengt werden, da sonst ein zu starkes Schwinden der Kunstmasse eintritt. Dem mit Leimwasser angemengten Gipspulver können zur Erzeugung einer leichten Kunststeinmasse zugesetzt werden: Papierabfälle, Korkmehl, Infusorienerde, für härtere und schwerere Steine Schiefermehl, Gesteinspulver, Sand usf.

Bei Verwendung von Papier ist es möglich, eine dem weichen Holz ähnliche und wie dieses bearbeitbare Masse zu erzielen; hier wird Seidenpapier oder ungeleimtes Druckpapier (15 Teile) in Wasser eingeweicht und bis zu feiner Verteilung zerstampft. Gips (30 Teile) mit warmem Leimwasser dick angerührt wird alsdann mit der Papiermasse vermengt, hierauf soviel Leimwasser zugesetzt, bis die Masse dünnflüssig ist und letztere alsdann in Formen gegossen. Naturgemäß ist eine beliebige Färbung der Masse möglich.

§ 20. Kunst-Marmor.

I. Herstellungsarten. Der Kunstmarmor, auch Stuckmarmor genannt, wird in seiner Grundmasse aus Gips gegossen, der genügend hart ist, um die gegossene Platte nachträglich zu schleifen und zu polieren. Dem gebrannten Gipsmehl wird oft Marmorpulver zugesetzt; als Anmachewasser dient in der Regel eine Leimlösung. Die Färbung und Aderung, in deren geschickter Nachahmung die Hauptaufgabe des Kunstmarmors liegt, findet entweder schon bei der Herstellung der trockenen Rohmasse statt oder bildet sich während des Erhärtungsprozesses auf den fertig hergestellten Platten. Während im ersteren Falle Erd- oder Metallfarben Verwendung finden, wird bei der zweiten Art die Farbgebung vielfach durch chemische Umsetzungen bedingt. Das Nähere hierüber wird weiter unten mitgeteilt werden.

Als bekanntere Herstellungsmethoden des Kunstmarmors seien die folgenden erwähnt:

[1]) Von R. Engel und R. Lorscheidt, pat. vom 18. Oktober 1898. Bezüglich der Behandlung der Sägespäne vergl. auch die Ausführungen auf S. 175 (57).

1. Aus gebranntem Gipspulver, Farbbrühe und Leimwasser werden einzelne, verschieden starke und in verschiedenen Tönen gefärbte Ballen zusammengeknetet. Dieselben werden zur Erzeugung der Aderung mit Farbbrühe mehr oder weniger besprengt, hierauf zu einem großen Ballen zusammengeknetet und genügend durchgearbeitet. Aus dem gesamten Ballen werden alsdann einzelne ebene Platten herausgeschnitten, welche auf dem vorher hergestellten Rauhputz aufgetragen und fest angedrückt werden. Nach dem Glätten der Platte und ihrer Erhärtung findet nach einigen Tagen das recht langwierige Schleifen und Polieren statt. Hierzu bedient man sich, vom groben bis zum feinen Schleifmittel allmählich fortschreitend, des Sandsteins, Bimssteins, des Schmirgels, Wetzschiefers, Blutsteins und schließlich des Leinöls, einer Wachslösung u. dergl.

2. Der flüssige, gleichmäßig oder verschiedenartig gefärbte Gipsbrei wird, um die Arbeit des Schleifens und Polierens auf geringes Nacharbeiten zu beschränken, auf gut polierte, mit einem abnehmbaren Holzrande umgebene Glasplatten von etwa 2 m Länge und 1 m Breite in Höhe von wenigen Zentimetern aufgetragen und zwar von einer Ecke aus beginnend, damit sich die ganze Gußmasse von hier aus gleichmäßig über die Glasplatte verbreiten kann und somit dicht wird und frei von Blasen bleibt. Vor dem Erstarren werden zweckmäßig behufs der späteren Befestigung verzinkte Eisenhaken in die Rückseite der Masse eingebettet. Damit die Platte an dem Glase nicht haftet, wird letzteres mit einer feinen Ölschicht vor Beginn der Arbeit überzogen; die erstarrte Platte wird vom Glase abgeschoben und getrocknet, erforderlichenfalls auch noch gefärbt bezw. gemalt.

Vielfach wird bei diesem Verfahren auch zuerst die Aderung aus farbiger Masse hergestellt und dann die gleichartige oder verschiedenfarbige Grundmasse hinzugegossen.

3 [1]). Der aus Gips bestehende und in seiner Grundmasse gefärbte Mörtelbrei wird nach dem DRP. 125006 auf Glasplatten ausgebreitet, dort zur Erhärtung gebracht, und alsdann mittelst eines Meißels oder eines ähnlichen Werkzeuges so gebrochen, daß lange Risse entstehen. Die auf der Unterlage liegenden Stücke werden hierauf etwas und zwar unregelmäßig verschoben und nunmehr in die Risse eine flüssige, die Aderung darstellende Masse gegossen. Sollen verschiedenartige Aderungen hergestellt werden, so wird die wieder erhärtete Masse ein zweites oder auch ein drittes Mal gebrochen und das beschriebene Verfahren wiederholt. Durch geeignete Handhabung des ein Entstehen der Risse bewirkenden Werkzeuges läßt sich eine sehr verschiedene Aderung hervorrufen und eine sehr naturgemäße Nachahmung erzielen. Nach Fertigstellung wird die Platte hinten durch einen Aufguß von Gips- oder Zementmörtel derart verstärkt, daß sie sich gut bewegen läßt.

4. Nach dem DRP. 141040 [2]) wird Gips mit Marmorzement [3]) und Wasser zu einem dicken Brei zusammengeknetet. Der entstehende Teig wird in Stücke zerrissen; diese werden auf einer Platte ausgebreitet, mit trockenem Farbenpulver bestreut und hierauf wieder zusammengeknetet und nochmals ausgerollt. Hierbei entsteht eine marmorartige Färbung und Aderung.

---

[1]) Inhaber: Die Deutsche Immobilien- und Hypotheken-Kommissions-Bank; pat. vom 29. September 1900, vergl. Tonind.-Z. 1901, II, S. 1980. Vergl. auch Seite 174 (56) die Nachahmung von Breccienmarmor. Nach dem Patentanspruche kann auch Zementmörtel Verwendung finden.

[2]) Von S. Weill, vom 24. Januar 1902.

[3]) Marmor-Zement ist ein langsam bindender, in der Regel mit Alaunlösung angemachter, fester und dauerhafter Gipsmörtel, vergl. S. 183 (65).

5. Nach einem Verfahren von Simonis[1]) wird zur Erzeugung der Aderung ein Strang von Floretseide, Werg, Bindfaden oder dergleichen in eine dünnflüssige gefärbte Gipsmasse getaucht und nachdem er von dieser die genügende Menge aufgenommen — so geteilt, daß sich eine vollkommen weitverzweigte Aderung bildet. Das Gewebe wird nunmehr auf die Glasplatte aufgelegt und angemachter gefärbter, flüssiger Gipsbrei aufgetragen; ist derselbe mehrere mm stark, so wird das Gewebe herausgenommen, hierbei färbt es die umgebenden Gipsteile und hinterläßt somit seine Zeichnung und Form. Die dünne Schicht wird alsdann durch Auftragen von Mörtel auf ihrer Rückseite verstärkt.

II. Das Färben und Härten des Kunstmarmors. Wird der Kunstmarmor bereits in seiner Grundmasse gefärbt, so werden in der Regel Erdfarben benutzt, Ocker für gelb und braun, geschlemmter Blutstein für rot, Braunstein für braun, Smalte für blau, Kohlenpulver für grau und schwarz, außerdem aber auch Chromgelb, Berggrün, grüner Zinnober usf. Sollen verschiedene Farben erscheinen, so werden die gefärbten Massen zwischen die weißen bei Herstellung der Platten gegossen.

Durch chemische Umsetzung kann gefärbt werden gelb dadurch, daß im Anmachewasser wenig Eisenvitriol gelöst wird; es entsteht dann unter der Einwirkung der Luft ein rostfarbenes Eisenhydroxyd, welches einen schönen gelben Ton abgibt; in ähnlicher Weise wird ein leuchtendes Gelb durch Bleiacetat und stark verdünnte Lösung von doppelchromsaurem Kali, blau durch Eisenvitriol und Blutlaugensalzlösungen, braunrot durch Kupfervitriol und doppelchromsaures Kali, rot durch Zinnsalz und eine Abkochung von Rotholz, auch durch konzentrierte Eisenchloridlösung und Ätzammoniak, grau und schwarz durch Eisensalzlösungen und verdünnte Abkochungen von Galläpfeln, grün durch Vereinigung der Gelb- und Blaufärbungen ergebenden Salze oder durch Kupfervitriol und Sodalösung usf. erzielt. In gleicher Weise können auch beliebig gefärbte Adern erzeugt werden, wenn die Grundmasse der Platte das eine der Reagentien enthält, während mit dem zweiten die Aufmalung der Aderung erfolgt. Die hierbei sich bildende Färbung dringt jedoch höchstens bis zu 2 mm in die Kunstmarmorplatte ein.

Nach dem DRP. 113456[2]) kann eine außerordentlich gleichmäßige Färbung des Kunstmarmors usw. dadurch bewirkt werden, daß gebrannter Gips mit formaldehydhaltigem Wasser und etwas Alkali versetzt und alsdann mit der zur Erhärtung notwendigen Menge Wasser gemischt wird, das ein reduzierbares Metallsalz gelöst enthält. Je nach der Konzentration und Art der Metallsalzlösung lassen sich alle Farben erzeugen[3]). Da sie sich im Entstehungszustande niederschlagen, wird eine außerordentlich feine Verteilung bewirkt. An Stelle von Formaldehyd können auch andere Reduktionsmittel, wie z. B. eine Lösung schwefliger Säure, Wasserstoffsuperoxyd usf. Verwendung finden.

Soll der Kunstmarmor ein kristallinisches Aussehen erhalten, so kann dies durch Beimengung feiner Glimmerplättchen, von Alabaster, Marmorstückchen oder dergl. geschehen; metallglänzende Adern werden durch Auftragen von Schwefelkies-Kristallen nachgeahmt. —

Zur künstlichen Härtung der Kunstmarmorplatten (und überhaupt der Gipskunststeine und Dielen) werden Lösungen von Alaun, Borax, borsaurem Ammonium, Wasserglas (überhaupt von kieselsaurem Alkali), Chlorbarium, besonders aber Gipsfluat empfohlen.

III. Marmorzemente. Dem künstlichen Marmor nahestehen die sogen. Marmorzemente, die auch ihrerseits in Form von Putzmaterialien eine Nachahmung des Natur-

[1]) Vergl. M. Pedrotti, Der Gips und seine Anwendung, A. Hartlebens Verlag 1901, S. 155/157.

[2]) Von Dr. L. Vanius; pat. vom 19. Februar 1899. Vergl. Tonind.-Z. 1900, II, S. 1640.

[3]) Benutzt werden im besonderen Gold-, Kupfer-, Silber-, Wismut- und Bleisalze.

marmors gestatten. Man begreift unter ihnen durch besondere Härte und Dichtigkeit ausgezeichnete Gipsmassen. Zu nennen sind: 1. Keenes weißer Zement, ein langsam bindender Alaun-Estrichgips, d. i. ein nach niedrigem Brennen mit Alaun getränkter und dann bis zur Rotglut gebrannter Gips. Derselbe wird alsdann nochmals mit einer Alaunlösung angemacht. Bei einem Zusatze von 20 v. H. Wasser zeigt er nach 28 Tagen eine Zugfestigkeit von rd 37 kg/qcm und eine Druckfestigkeit von über 400 kg/qcm. 2. Der Parianzement, auch Boraxgips genannt, aus Gips und einer Boraxlösung in derselben Weise wie Keenes Zement hergestellt und durch ähnliche Eigenschaften wie dieser ausgezeichnet.

Die Marmor-Zemente lassen sich, da sie aus Estrichgips hergestellt sind, ohne Bedenken auch im Freien verwenden, werden aber zweckmäßig an der Wetterseite gegen die mechanischen Einwirkungen des Schlagregens durch einen Firnisanstrich oder dergleichen gesichert.

Eine ähnliche Zusammensetzung wie Marmorzemente weist auch die Carraramasse auf[1]), ein staubfeines, weißes Material, das auf jedem Putz gut haftet und sich mit in Wasser geriebenen Farben in verschiedenen Tönen färben läßt, ohne an Bindekraft wesentlich zu verlieren. Die Kunststeinmasse trocknet schnell, ist vollkommen dicht, polierbar und zum Gießen aller Arten von Steinen und Platten, Ziehen von Profilen usw. geeignet.

§ 21. Gipsdielen, Gipsplatten und Gipsbretter.

Je nachdem die Gipsdielen zu Außenwänden und Tragkonstruktionen Verwendung finden, oder nur als Verkleidung bezw. zu wenig belasteten Decken und Zwischenwänden angewendet werden, ist ihr Material Estrichgips (besser als eine Mischung beider Gipsarten) oder Stuckgips. In der Regel zeigen die stärkeren Platten kreiszylindrische in ihrer Längsachse hindurchgehende Höhlungen, seltener wie die schwächeren Platten Einlagen von Rohr, Bambus, Kokosfaser u. dergl., Stoffe, die dazu dienen sollen, die Biegungsfestigkeit der Platten zu erhöhen. Zudem besteht die Grundmasse meist nicht aus reinem Gips, sondern aus einer Mischung dieses mit teils bindenden und die Festigkeit des Materials erhöhenden, teils das Gewicht vermindernden porösen Stoffen; als letztere sind zu nennen: tierische Haare, Pflanzenfasern, Kohlen- und Schlackenasche, zerkleinerter Kork, Infusorienerde u. dergl. Ein Schutz gegen Feuchtigkeit wird, falls notwendig, durch ein- oder beiderseitiges Überziehen der Platten mit einer Lage von Asphalt (oder Asphaltpappe) erreicht.

Die meist gebräuchlichen Abmessungen der Gipsdielen und Platten betragen: Stärke 2,5—10 cm, Länge 2,0—2,5 m, Breite 25—50 cm; ihr Raumgewicht beträgt im Durchschnitt 0,7—0,8, ihre Biegungsfestigkeit 40—50 kg/qcm. Die Dielen greifen in der Regel — Abb. 17, 18, 20 — mit spitzwinklig oder halbkreisförmig gestalteter Nut und entsprechender Feder ineinander ein. Hin und wieder werden sie auch nach Art eines geraden Gewölbes mit keilförmigen Auflagerflächen geliefert (Abb. 21a—c)[2]) und

[1]) Von L. Usinger Nachflgr. in Wiesbaden. Vergl. DB. 1903, S. 259.

[2]) Geschützte Ausführung der Walkenrieder Gipsfabrik von A. Meier u. Co. Die aus reinem, sehr hartem Gips in normaler Querschnittsform hergestellten Dielen werden auch für Tragkonstruktionen mittelst Draht armiert geliefert. Ihre Abmessungen sind: Stärke 7, 10 und 14 cm, Länge 1 und 1,25 m, Breite 20, 35 und 40 cm. Den Stärkeverhältnissen entsprechen Gewichte von 55, 80 und 102 kg/qm. Die 7 cm starke Diele trägt, wie Versuche gezeigt haben, als Baulast 1000, die 14 cm starke Platte 4000 kg für 1 qm.

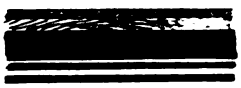


Abb. 17.

Abb. 18.

Abb. 19 b.

Abb. 20.

Abb. 19 a.

Abb. 19 c.

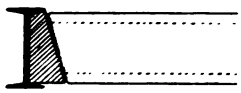


Abb. 21 a.

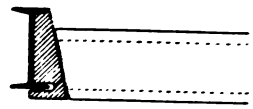


Abb. 21 b.

Abb. 21 c.

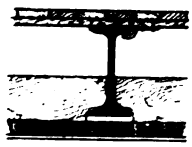


Abb. 22 a.

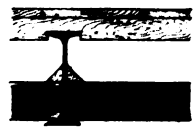


Abb. 22 b.

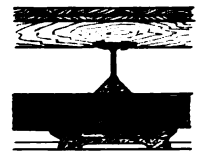


Abb. 22 c.

Abb. 22 d.

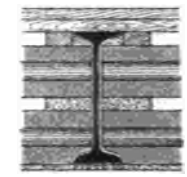


Abb. 22 e.

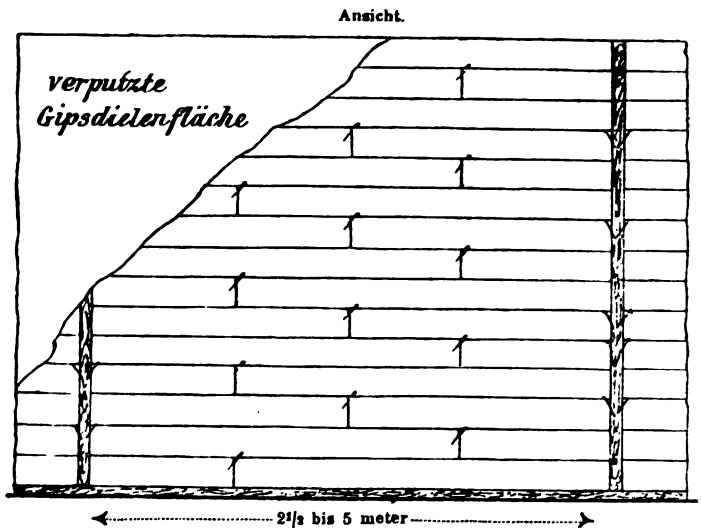


Abb. 23 a.

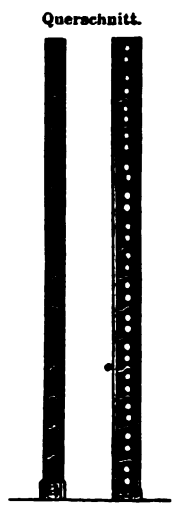


Abb. 23 b/c.

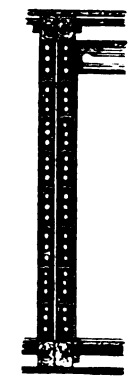


Abb. 24.

Abb. 23 d.

Abb. 23 e.

Abb. 25.

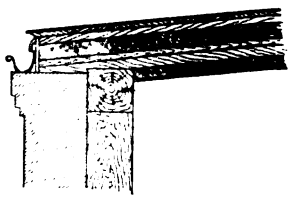


Abb. 26.

lehnen sich alsdann bei eisernen Deckenträgern gegen feste Keilstücke aus Gips, die auf den Trägerflanschen aufliegen, während sie bei Holzbalken sich gegen mit diesen vernagelte Holzkeile stemmen. Neben der sehr einfachen Art der Verlegung bieten diese Decken die Vorzüge gerader, stets in Spannung befindlicher Gewölbe.

Gipsdielen lassen sich gut sägen und nageln und bieten einen guten Halt für beliebige Befestigungsteile; auch können sie als durchaus feuersicher bezeichnet, ja sogar als Feuerschutzmantel für Eisen-Konstruktionen empfohlen werden[1]). Weiter zeichnen sich die Gipsdielen durch ein geringes Leitungsvermögen gegenüber von Schall und Wärme aus, eignen sich also auch ganz besonders zu Verkleidungen und zu Isolierungen kalter oder feuchter Wände. Daneben erstreckt sich ihre Anwendung auf die Herstellung von Zwischendecken aller Art bei Holz- und Eisenkonstruktionen (Abb. 19a—c, 22a—e), auf Außen- und auf Zwischenwände (8—25 cm stark) — Abb. 23a—e und 24 —, auf schallsichere Hohlwände (aus zwei Reihen etwa 5—7 cm starker Dielen mit einem zwischenliegenden Luftraum gebildet), auf feuersichere Unterlagen, bezw. zur Isolierung von Papp-, Asphalt-, Wellblech- und Holzzementdächern und zwar sowohl bei Holz- als auch wie bei Eisenbauten — Abb. 25 u. 26 — (zwischen den Sparren eingeschoben, bezw. auf denselben lagernd); auch werden sie verwendet zu innerer und äußerer Verkleidung eiserner und hölzerner Fachwerksbauten, weiter zu leichten Gewölben auf oder zwischen gebogenen Eisenträgern (10—12 cm stark) (Abb. 27), zu Isolierungen von Wellblechbauten (7 cm massive Dielen oder 10—12 cm Hohldielen) — Abb. 28a—c — usw. usw. Außenwände aus Gipsdielen oder diesbezügliche Verkleidungen werden zweckmäßig mit einem Zementputz versehen; dieser ist jedoch nicht auf die Gipsplatte unmittelbar aufzubringen, sondern erst durch einen doppelten Verputz aus Kalk und Gips, bezw. aus Kalk zu sichern[2]). Der gleiche Putz ist auch bei Innenwänden und bei dauernd mit feuchter Luft erfüllten Räumen auszuführen; sonst ist die rauhe Seite der Gipsdielen mit reinem Gips oder einer Mischung

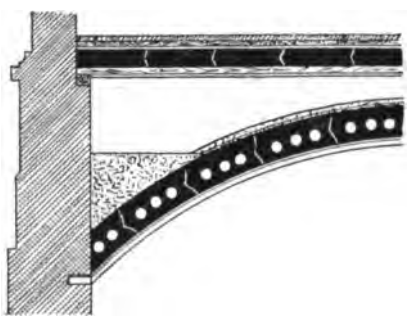


Abb. 27.

Abb. 28a.

Abb. 28b.

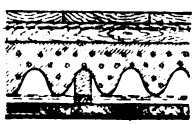


Abb. 28c.

[1]) Eine Brandprobe, welche z. B. mit den bekannten Gipsdielen der Fabrik von A. u. O. Mack zu Ludwigsburg seitens der Kgl. Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin im Jahre 1891 abgehalten wurde, ergab, daß bei über 1000° C Feuertemperatur die Gipsdielen sich durchaus gut gehalten hatten, keine Verkrümmungen zeigten und in ihrem Zusammenhange unverändert waren. Auch der starke, auf die heiße Decke und Wände gerichtete Wasserstrahl ließ keinerlei nachteilige Einwirkungen auf die Platten oder die aus ihnen gebauten Konstruktionen erkennen.

[2]) Für wetterbeständige Verschalung werden von der Firma A. und O. Mack Mackolith-Gipsdielen empfohlen, das sind Gipsdielen mit Tonplättchen verkleidet. Andererseits wird angegeben (D. B. 1897, S. 128), daß Gipsdielen sich ohne jeden weiteren Putz gut zu Außenwänden verwenden lassen, wenn sie bei der Herstellung einer schnellen künstlichen Trocknung unterworfen sind, um die Einwirkung der Plattenfeuchtigkeit auf die im Innern dieser befindlichen Materialien, wie Schilfrohr, Holzwolle usw., abzukürzen; denn beim Trocknen an der Luft verderben gerade diese Einlagen am leichtesten. Auch müssen die Dielen bei ihrer Verwendung ganz trocken sein und an den Außenflächen mehrfach mit heißem Firnis getränkt und nach Ausfüllung der Zwischenfugen mit einem doppelten Ölfarbenanstriche versehen werden. — An Stelle des letzteren kann auch ein Anstrich mit dem als gut bewährt gerühmten Härtungsmittel Santorin und hierauf mit Öl treten.

dieses und Kalkmörtel zu putzen, während die glatte Seite (wenn notwendig) mit Leinöl, Ölfarben oder dem in Anmerkung 2 S. 185 (67) bereits erwähnten Härtungsmittel Santorin gestrichen wird. Die Fugen zwischen den einzelnen Platten sind mit Gips-Kalkmörtel oder mit Gips in Leimwasser angerührt zu dichten; zur weiteren Verbindung dienen zudem noch schräg durch die Fugen geschlagene Drahtstifte. —

Das gleiche wie von den Gipsplatten gilt von den ihnen nah verwandten Baustoffen wie Schilfbrettern[1]), Holzseilbrettern[2]), Spreutafeln[3]), Kokolithplatten[4]), Scagliolplatten[5]) usw., die im wesentlichen nur besondere Bezeichnungen für Gipsplatten darstellen.

Als besondere Arten von Gipsplatten sind zu nennen.

1. Die Brendelschen Gipspolygonplatten[6]). Die zur Herstellung tragfähiger Wände benutzten Bretter zeigen die Form regelmäßiger Sechsecke und halten sich gegenseitig durch Nut und Feder fest. Eine 7 cm starke Normalplatte wiegt bei 60 cm Durchmesser 18 kg, 1 qm Wand 72 kg. Wie Durchbiegungsversuche ergeben haben, eignet sich die Wand sehr gut an Stelle einer massiven Zwischenkonstruktion; auch trägt sie sich zwischen festen senkrechten Ständern eingespannt frei, indem hier — durch die Sechseckform der Steine bedingt — eine Art Sprengwirkung eintritt.

2. Die de Bruynschen Bauplatten.[7]) Dieselben bestehen in der Hauptsache aus Gips, kohlensaurem Kalk und ausgebrannter Kohlenasche und finden ähnliche Verwendung wie die ihnen nahestehenden Gipsplatten. Im besonderen werden sie in Abmessungen von 0,33 m und 0,5 m und Stärke von 5, 8 und 10 cm zu Wänden ohne jede Holz- oder Eisenkonstruktion als Stützung, sowie zu kleinen Kappengewölben verwendet. Untersuchungen bezüglich der Feuersicherheit der Platten[8]) haben deren Feuerbeständigkeit ergeben.

---

[1]) Geliefert z. B. a) von der Rheinischen Gipsindustrie zu Heidelberg (DRP. 68024 und 69876). Die Platten enthalten ein Rohrgeflecht und werden bei Verwendung zum Barackenbau mit Santorin getränkt geliefert. b) Von W. Clemm in Hochhausen am Neckar. Die Platten bestehen aus präpariertem Gips und bestem Schilfrohr; bei einer Stärke von 2,5—12 cm beträgt ihr Gewicht 20—84 kg/qm.

[2]) Die nach dem DRP. 53883 von E. Voitel in Bautzen hergestellten Holzseilbretter bestehen aus in der Längsrichtung der Bretter dicht nebeneinander in Gipsmörtel eingebetteten, mit Wasserglas imprägnierten Holzwollseilen (d. s. aus feinen, schmalen, auf besonderen Maschinen erzeugten Hobelspänen geflochtene Seile). Die in Stärken von 2,5—9 cm, einer Breite von 40 cm und Längen bis 2,5 cm gelieferten Platten zeigen bei 2,5 cm Dicke ein Gewicht von nur 15 kg/qm, bei 9 cm ein solches von 51 kg/qm. Der sehr feste Baustoff soll dem Schwinden und Reißen nicht unterworfen sein und sonst alle guten Eigenschaften der Gipsdielen in sich vereinen und gleich letzteren Verwendung finden.

[3]) DRP. 52725 von Dr. A. Katz in Waiblingen. Die Platten sind aus einer Mischung von Gips, Kalk usw. und Spreu, Sägespänen, Lohe, tierischen Haaren und dergl. mit Leimwasser hergestellt. Die in der Längsrichtung angeordneten Hohlräume zeigen einen viereckigen Querschnitt. Das Gewicht der 67 cm langen, 30 cm breiten und 10 bzw. 13 cm starken Platten beträgt für 1 qm 50 bzw. 60—65 kg. Die Außenflächen sind gleichmäßig rauh und nehmen gut Putz an.

[4]) Die Platten — auch Kokosgipsdielen genannt — bestehen aus einem Gemische von Gipsbrei und Kokosfasern, die als festes Gewebe die Platten nach allen Richtungen durchziehen und ihnen einen gewissen Grad von Elastizität verleihen. Die 1½ bis 5 cm starken Platten werden von E. Süßmilch in Leipzig hergestellt.

[5]) Vergl. Bm. I, 162/163, hergestellt von Beine in Bochum. Es ist ein Gemisch von gebranntem Gips und gemahlenem Gipsspat mit Leimwasser oder dergl. angemacht. Es ist feuersicher, billig, zieht kein Wasser an und läßt sich leicht bearbeiten. Bei den Kruppschen Arbeiterwohnungen in Essen hat es sich als Verkleidungsmaterial vorzüglich bewährt. Die Zwischenräume zwischen den Platten werden mit Scagliollösung ausgegossen, die in sehr kurzer Zeit abbindet.

[6]) Vergl. Dinglers polyt. Journ. Bd. 302, S. 274/275, D. G. M. 29813.

[7]) DRP. und Musterschutz.

[8]) Ausgeführt im Anorganischen Laboratorium der Aachener Technischen Hochschule.

3. Isolierdeckenplatten der Gesellschaft „Bauhygiene", DRP. von M. Seemann-Berlin. Unter diesen Deckenplatten sind fertige Platten aus Hartgips (Zement usw.) mit halb eingegossenem, rostgeschütztem Wellendrahte zu verstehen (Abb. 29a—d), welche feuersicher, schalldämpfend, schwammsicher und zur Bekleidung von Decken, Wänden usf. zu verwenden sind. Die mit Nut und Feder ineinander greifenden Platten werden vermittelst Nägeln derart mit den Deckenbalken bezw. Wandteilen verbunden, daß die glatten, später zu putzenden Plattenflächen außen liegen, das Wellendrahtgewebe also eine ruhende, isolierende Luftschicht zwischen den Deckenbalken usw. und den Platten sichert. Die Isolierplatten werden ohne Anwendung von Schalung von Balken zu Balken freitragend genagelt und bilden wegen der Elastizität des Drahtgewebes eine rissfreie Verkleidung. Die Platten sind in allen möglichen Abmessungen bis zu 1/2 qm Größe vorrätig; sie werden mit glatter oder gerauhter Unterfläche, mit Putz versehen oder asphaltiert geliefert. Die Vorteile, insbesondere bei Balkenbekleidungen liegen darin, daß ein Schadenfeuer von den geputzten Gipsplatten nicht auf die Balken übergreifen kann, daß ferner die große Elastizität der Platten diese vor Rissen sichert und somit Flammen und Rauch die Decken nicht durchdringen können,

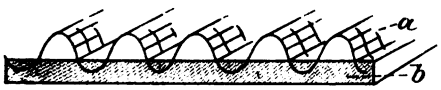


Abb. 29a.

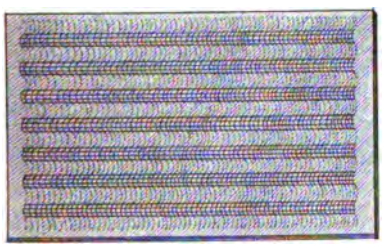


Abb. 29b.

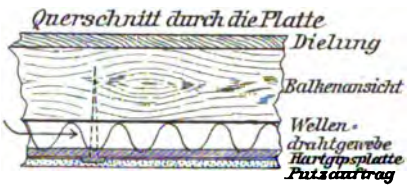


Abb. 29c.

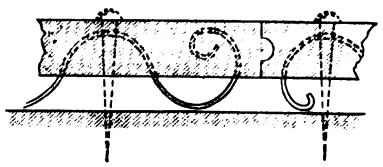


Abb. 29d.

und daß schließlich die Schallübertragung durch die Luftschicht stark herabgemindert wird. Auch steht zu erwarten, daß bei einem Feuer ein Herabfallen der Decke deshalb nicht eintreten wird, weil die Luftschicht die Befestigungsnägel abkühlt und diese demgemäß ein Verkohlen des Balkens nicht bewirken werden.

4. Ein ähnliches Material stellt die Neelsen'sche Gips- (oder Zement-)diele vor, DRP. 137855 [1]). Hier sind ebenfalls Wellendrahteinlagen vorhanden, welche jedoch mittelst durchgehender Vorsprünge der Diele festgehalten werden. Hier bezweckt die Drahtlage in erster Linie, daß der Putz dauernd, ohne durch Risse gelockert zu werden, mit der Diele verbunden bleibt.

5. Die Schwarzschen Holzwolle-Welldielen nach dem DRP. 65276 und 70765 [2]). Die in ihrer Wirkung den unter 3 beschriebenen Platten ähnlichen Dielen sind auf einer Seite eben, auf der anderen nach Art eines Wellbleches geformt. Es wird also auch hier, wenn man die Wellenseite an die Balkenunterkante, die Mauer usw. anschließt, eine isolierende Luftschicht sich bilden, welche durch die einzelnen, wagerecht oder senkrecht zwischen den Wellenbergen verlaufenden Luftkanäle bedingt ist. Gegen

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1903, II, S. 1588.

[2]) Hergestellt von der Bauhütte i. F. Zechel u. Hänsel, Deuben-Dresden.

massive Gipsplatten zeigen diese Welldielen eine Raum- und Gewichtsersparnis von etwa 20 %. Die dem Gips zugesetzte Holzwolle ist antiseptisch präpariert, um jede organische Veränderung derselben auszuschließen.

Die in ihren Eigenschaften guten Gipsdielen entsprechenden und wie diese auch vollkommen feuersicheren[1]) Platten, finden Verwendung zur Bildung ebener Decken, zur Unterstützung der Fußböden, als Fehlboden, zu Verkleidungs-[2]) und Isolationsarbeiten aller Art, sowie zur Errichtung von Zwischenwänden — Abb. 30 —. Bei Herstellung der letzteren legt man je zwei Wellendielen mit ihren Wellen derart zusammen, daß die Wellen ineinander greifen, die glatten Dielenseiten also nach außen zu liegen kommen, und die Fugen der Platten sowohl in der Länge als auch in der Höhe gegeneinander versetzt sind, d. h. einen normalen Verband der Platten bewirken. Beide Wellendielen werden alsdann noch mit Drahtstiften zu einem unverschieblichen Ganzen verbunden. Da die Platten sich leicht mittelst Säge zerschneiden lassen, so kann man den Dielen an Ort und Stelle jede beliebige, dem besonderen Zwecke angepaßte Form geben: dabei ist die Anbringung so einfach, auch das Zusammensetzen der Wände, daß man keiner besonders geübten Arbeiter hierzu bedarf. Die Dielen werden in Stärken von 3 bzw. 5 und 7 cm und in Abmessungen von 2,0 bezw. 1,8 m (nur die schwache Diele) Länge und 0,30 m Breite geliefert. Diese Dielen ergeben, zusammengefügt, Welldielenwände (bei 3) von 5 cm, (bei 5) von 7,5 cm und (bei 7) von 10,5 cm Stärke.

Abb. 30.

Neben Gipsmörtel findet zur Herstellung der Dielen auch Roman-Zement Verwendung.

6. Das Voltzsche Verfahren zur Herstellung feuerfester Wölbungen und Verkleidungen aller Art (DRP. 75480)[3]). Dasselbe besteht darin, daß auf einer geignet angebrachten Verschalung eine dünne Schicht einer aus Gips, Kalk und Leim mit Schlacke oder feinem Koks hergestellten Mischung aufgetragen und mit einer in diese Mischung vorher getauchten Schicht von Alfafasern[4]) bedeckt wird. Die Faserdecke bildet eine zusammenhängende, schnell erhärtende Masse und kann noch mit einer

[1]) Bei einer am 9. August 1895 zu Straßburg i. E. vorgenommenen Brandprobe hat sich gezeigt, daß die obigen Platten nicht nur allen Anforderungen bezüglich der Feuerfestigkeit genügen, sondern daß sie auch als schlechte Wärmeleiter völligen Schutz gegen Einwirkungen der Außentemperatur zu gewähren vermögen.

[2]) Z. B. zur beiderseitigen Verkleidung von Fachwerkswänden.

[3]) Von Karl Voltz in Straßburg i. E., pat. vom 2. Juni 1894.

[4]) Alfafasern sind die sehr elastischen langen und zähen Fasern einer afrikanischen Binsenart.

Schicht der vorgenannten Masse abgedeckt werden. Nach dem Verfahren können auch Wände und Decken mit beliebigen Durchbrechungen ausgeführt werden, deren Rand durch Verwendung der umgebogenen Alfafasern so fest und widerstandsfähig wird, daß er keiner besonderen Armierung oder Einfassung bedarf; auch können die Durchbrechungen nach Herstellung der Decke besonders ausgeschnitten werden.

Aus dem gleichen Material werden auch Faserplatten zur Herstellung von Wänden geliefert und zwar in einer Länge von 50 cm und einer Breite von 33 cm bei 7 und 10 cm Stärke, sowie in den Abmessungen 1,00 . 0,33 mm bei $3^1/_2$, 4, 5 und 6 cm Dicke. Die Platten haben — Abb. 31a u. b — allseits am Stoße halbkreisförmige Nuten, in die sich ein seiner Zusammensetzung nach nicht bekannt gegebenes Bindemittel beim Versetzen fest hineindrückt; bei der großen und raschen Bindefähigkeit des letzteren erhalten die aus den Platten hergestellten Wände eine ganz außerordentliche Festigkeit[1]). Die Platten finden Anwendung bei Zwischenwänden — auch freitragenden — und Umfassungswänden und zwar sowohl ohne Isolierluftschicht (Plattenstärke 10 cm) als auch mit einer solchen (Plattenstärke 10 und 15 cm).

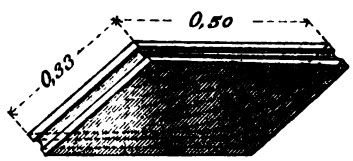


Abb. 31a.

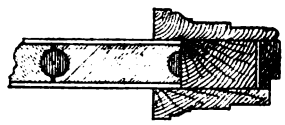


Abb. 31b.

Nach den Untersuchungen der Kgl. mech.-techn. Versuchsanstalt zu Berlin zeigt die Voltzsche Patentmasse eine mittlere, aus 10 Proben abgeleitete Zugfestigkeit — erprobt am Normalachterformat mit 5 qcm Querschnittsfläche — nach 7 Tagen von 23,4 kg/qcm, nach 28 Tagen von 24,2 kg/qcm, ferner eine mittlere Druckfestigkeit nach denselben Zeitabschnitten — am Würfel bestimmt — zu 54,7 bezw. 73,5 kg/qcm. Auch hat eine am 28. März 1895 seitens der oben genannten Prüfungsanstalt abgehaltene Brandprobe die Feuersicherheit des Materials ergeben, vergl. S. 126 und 127 (8 und 9).

Kapitel VI.

Schwemmsteine und Kunst-Tuffsteine.

§ 22. Die rheinischen Schwemmsteine[2]).

Das Rohmaterial der rheinischen Schwemmsteine bildet der im Neuwieder Becken sich findende Bimskies, ein den Kratern der Eifel entstammendes vulkanisches Produkt, ein geschmolzener Trachyt mit einem Kieselsäuregehalt von 50—65 v. H.

[1]) Die Gewichte der sehr leichten Platten sind:

Stärke	Gewicht für 1 qm
3,5 cm	32 kg
4 „	38 „
5 „	48 „
7 „	66 „
10 „	84 „

[2]) Vergl. u. a. Bm. VIII, S. 311; ferner: Der Schwemmstein und seine Verwendung zu Bauzwecken, herausgegeben von der Firma Hubalek in Weißenturm a. Rh.; H. Wolfram, Mitteilungen über einige Baumaterialien der vulkanischen Eifel, J. Seiling-München.

Der Name Schwemmstein scheint von Schwimmstein, d. i. auf dem Wasser schwimmender Stein, herzustammen.

Die etwa 60 Jahre alte Fabrikation von Schwemmsteinen ist von dem Bauinspektor Nebel (1845) zu Koblenz ins Leben gerufen worden. Sie beruht auf der Erzeugung eines aus Bimskies und Kalkhydrat gemengten und an der Luft langsam erhärtenden Kunststeines. Zur Herstellung desselben eignen sich besonders gute hydraulische und dolomitische Kalke, wie sie z. B. die Trierer- und die Lahn-Gegend liefern. Da diese gut und schnell an der Luft erhärten, sind sie für die Schwemmsteinfabrikation den fetten Weißkalken, welche diese Eigenschaften nicht besitzen, überlegen. Der verwendete Bimssand ist nicht rein, sondern mehr oder weniger mit Teilen von Schiefertrümmern, Grauwacke, vulkanischem Sande usw. vermengt.

Das Herstellungsverfahren der rheinischen Schwemmsteine ist einfach. Der nur von den gröberen Beimengungen befreite Bimssand wird im Freien in Haufen aufgesetzt und mit Kalkmilch, die in großen Pfannen hergestellt wird, übergossen und solange vermischt, bis ein jedes Bimssandstückchen in Kalkmilch eingehüllt erscheint[1]). Die Masse — ein feuchtes, nicht nasses Gemenge — wird mittelst eines Löffels in den hölzernen Formkasten gefüllt, in diesen mit einem eisernen Schläger eingeschlagen bezw. eingestampft; hierauf wird der Stein durch Umkehren aus der Form befreit und auf ein Unterlagebrettchen gestülpt; mit diesem gelangt er in hölzerne, in freier Luft stehende Gerüste zum Trocknen und Abbinden. Eine Zeit von etwa 2 Wochen genügt, um den Stein so weit erhärten zu lassen, daß er aus dem Gestell genommen und aufgestapelt werden kann. Hier findet das weitere Abbinden zu kohlensaurem Kalk, zum Teil auch durch Aufschließung der Kieselsäure des Bimssandes zu kieselsaurem Kalk statt. Nach etwa 3–4 Monaten ist der Stein baulich verwendbar und versandfähig; es liegt aber auf der Hand, daß er um so fester und besser wird, je älter er ist.

Günstig für ein langsames, gleichmäßiges Abbinden ist — wie bei einem jeden Mörtelmauerwerk — eine mäßig warme und feuchte Witterung; in ungünstiger Weise wirkt allzugroße Trockenheit auf den Stein ein.

Die gangbaren Größen und Formen der Steine sind:

a) Für Bausteine[2]):

1. 25 . 12 . 9,5 cm, das sogen. Normalformat oder Vierzöller, der am meisten verwendete Stein; auf 10000 kg Ladung gehen von diesen etwa 4800 bis 5000 Steine.
2. 25 . 12 . 7,5, Dreizöller; Ladungsmenge 6000—6500 Stück.
3. 25 . 12 . 6,5, Backsteinformat, im besonderen als Hintermauerstein bei Verblendziegelbauten verwendet. Ladungsmenge 7000—7500 Stück.

Seltenere Größen sind: 12 . 16 . 25, 14 . 16 . 25, 12 . 14 . 30 cm.

b) Steine für Kaminrohre mit quadratischem Grundrisse und kreisförmigem Lichtquerschnitt von 18, 21 und 26 cm Weite und Wandstärke je nach den baulichen Anforderungen.

Die Schwemmsteine sind ausgezeichnet durch:

1. ihr geringes Gewicht, das etwa gleich der Hälfte von Backsteinen ist,
2. das schnelle Austrocknen der mit ihnen erbauten Wohnungen[3]),
3. durch ein rasches Hochführen der Mauern wegen der größeren Steinformate,
4. durch große Isolierfähigkeit des Materials infolge seiner sehr schlechten Wärmeleitung (Wärmedurchgangskoeffizient bei Bimssand 0,066),

[1]) Zu 1000 Steinen 25 . 12 . 9,5 cm werden etwa 300 kg gebrannter Kalk gebraucht.

[2]) Die Preise stellen sich ab Werk auf rd: 18—20, 17—18, 16—17 M. für 1000 Steine.

[3]) Die Baupolizeiordnung des Reg.-Bezirks Koblenz gestattet z. B. die Beziehung eines in Schwemmsteinen erbauten Hauses schon nach 3 Monaten.

5. durch seine Feuer-[1]), Schwamm- und Schallsicherheit,

6. durch seine gute Haftung am Mörtel.

Seine Verwendung findet der Schwemmstein zu allerdings gut gegen die Erdfeuchtigkeit zu isolierenden Massivbauten[2]), zu Deckenausbildungen aller Art[3]), zur Fachwerksausmauerung, zu Gewölbekonstruktionen[4]), leichten Zwischenwänden, zu Stuckarbeiten, Dampfrohrummantelungen usw.

Die mittlere Druckfestigkeit der Steine kann nach ausgeführten Versuchen zu etwa 18 kg/qcm angenommen werden. Bei Sättigung des Steines durch Wasser geht dieser Wert nur unerheblich zurück. Das Raumgewicht des auf dem Wasser schwimmenden Steines beträgt rd. 0,7.

§ 23. Besondere Arten von Schwemmsteinen.

1. Eine besondere Art von Schwemmstein fertigt H. Schneider in Neuwied an (DRGM. 1264), indem er größere Bimskiesbrocken mit kleinen Muscheln aus dem Moeressande („Schill“) und Zement zu porösen Steinen oder Platten verarbeitet und zwar in Abmessungen von 25 . 12 . 6,5 bezw. 25 . 25 . 5 cm. Eine der Ansichtsflächen wird mit einem Mörtel aus Zement und Kieselgur geglättet. Der ein Raum-Gewicht von 0,57 besitzende Stein zeichnet sich durch eine sehr geringe Durchlässigkeit gegen Wärme, durch eine ziemliche Wasserdichtheit (infolge der Zementkruste), ausreichende Feuersicherheit[5]) usw., ähnlich dem Schwemmstein aus, dem er auch in seiner Verwendung nahe steht. Aus den Rohstoffen werden auch ebene Decken zwischen I-Eisen unmittelbar im Bau hergestellt (DRP. 73995, Schneidersche Decke).

Hierher gehören weiter:

2. Die Meurerschen Steine[6]), aus Bimssand und Zement hergestellte, scharfkantige, hellklingende, schwammsichere Steine, die sich wie Holz nageln lassen ohne zu zerspringen. Sie finden bei Mauern als Dübelsteine Verwendung.

3. Künstliche Schwemmsteine werden nach dem DRP. 116055[7]) hergestellt durch eine Mischung von: 2 Teilen gebranntem Stuckgips, $^1/_{10}$ Teil hydraulischem

[1]) Bei einem Schadenfeuer in Andernach hat z. B. das Material seine außerordentliche Feuerfestigkeit bewiesen. Hier wurde eine mitten im Feuer stehende Schwemmsteinmauer durch die Hitze gar nicht beschädigt, auch der auf ihr angebrachte Putz wies nur kleine Risse auf. Andere Schwemmsteinwände zeigten auf der dem Feuer abgewandten Seite kaum Erwärmung. Vergl. Z. d. B. 1903, S. 272. — Mauern aus Schwemmsteinen dürften demgemäß dem Weitergreifen des Feuers sogar erheblichen Widerstand entgegensetzen, also besonders geeignet sein für Gebäude mit feuergefährlichen Betrieben.

[2]) In der rheinischen Gegend, besonders in den Kreisen Neuwied, Koblenz, Mayen, Altenkirchen, Ahrweiler, St. Goar, sind viele tausende privater, öffentlicher und industrieller Gebäude massiv in Schwemmsteinen errichtet; z. T. ohne Außenverputz.

[3]) Z. B. zum Auswölben von Holzbalkendecken durch scheitrechte Gewölbe, zur Herstellung der Kleineschen, Schürmannschen, Felderhoffschen usw. Decken.

[4]) Hergestellt werden nicht stark belastete Tonnengewölbe, im besonderen wegen ihrer großen Isolierfähigkeit für Keller- und Kühlräume aller Art geeignet, Deckengewölbe in Kreuz-, Stern und Netzform für Kirchen, ausgezeichnet durch die große Leichtigkeit und das schnelle Haften des Mörtels sowie die leichte Bearbeitbarkeit.

[5]) Nach Versuchen der Kgl. Porzellan-Manufaktur zu Berlin begann der Stein erst bei einer Temperatur über 1075° C sich wesentlich zu ändern; bei 1240° C schmolz der Stein zu einer großporigen, gelben Schlacke zusammen.

[6]) Vergl. D.B. 1901, S. 588. Daß die Steine im Laufe der Zeit wegen der Art des Bindemittels (Zement) sehr hart werden, erscheint nicht unwahrscheinlich.

[7]) Von W. Denner und Funke in Kassel. Vergl. D.B. 1901, S. 247/248 und Bm. V, S. 419.

gebranntem Kalk, $^1/_{10}$ Teil Kalkhydrat, $^1/_{100}$ Teil Eisenpulver (zur Erzeugung größerer Härtegrade), $^1/_{200}$ Teil chlorsaurem Ammonium und von Füllstoffen verschiedenster Art — Kohlenasche, Koksgrus, Bimssand oder dergl. Die festen Bestandteile werden zunächst trocken innig vermengt, bis das Gemisch eine gleichmäßige Farbe erhält. Mittelst einer Brause wird alsdann — unter beständigem Umschaufeln der Masse — Kalkhydrat mit dem Ammoniumsalze zugesetzt. Die Bindematerialien Gips und Kalk umhüllen alsdann rasch die leichten Füllstoffbeimengungen; es bilden sich abbindende Klümpchen, die auch unter sich abzubinden beginnen. Die so hergestellte, bröckelige, noch körnige Masse wird nun schnell in Formen gestampft oder gepreßt, in diesen kurze Zeit stehen gelassen und alsbald als eine nahezu feste Masse herausgenommen. Die Einwirkung des hydraulischen Kalkes auf Gips bewirkt wesentlich sowohl die Festigkeit als auch die Wetterbeständigkeit des Bindemittels; auch verzögert der hydraulische Kalk die Abbindezeit des Gipses derart, daß die Herstellung der Steine auch durch weniger geübte Arbeiter gelingt. Die so gewonnenen Steine sind den rheinischen Schwemmsteinen sehr ähnlich, sowohl bezüglich ihres Gefüges als auch ihres Aussehens und ihrer Verwendungsmöglichkeit. Sie stellen ein billiges, vom gesundheitlichen Standpunkte aus gutes, überall ohne besondere Schwierigkeiten herstellbares Baumaterial dar.

4. Mit der Herstellung künstlichen Bimssteins, jedoch nicht für bauliche Verwendung, beschäftigen sich die DRP. 129294 und 146688 [1]).

§ 24. Kunsttuffsteine [2]).

Kunsttuffsteine sind außerordentlich poröse, aus Infusorienerde und einem Bindemittel hergestellte Steine. Als Bindemittel kommt in der Regel Ziegelton oder Gips in Verbindung mit Wasserglas in Frage. Die starke Porosität der Steine kann entweder, wie bei den leichten Tonziegeln, durch Beimengungen, welche im Brennofen verbrennen und Lücken zurücklassen, bedingt sein, oder — vergl. weiter unten — auf chemischen Einwirkungen — Gasentwickelung im Innern der Steinmasse — u. dergl., beruhen.

Ein ebenso bekanntes wie viel verwendetes Kunsttuffsteinmaterial stellt der Kunststein von Dr. L. Grote in Ülzen dar, geschützt durch das DRP. 55919. Dieses Patent (vom 18. März 1899 und von Ernst Hoffmann in Prag-Karolinenthal) gibt ein allgemeines Verfahren an zur Herstellung poröser Steine für Isolier- und Wärmeschutzmittel.

Irgendwelche plastische Masse (Gips, Zement, Magnesiazement, Ton usw.) dient als Grundmaterial, welches durch geeignete chemische Prozesse in breiig flüssigem Zustande porös gemacht, d. h. mit kleineren oder größeren Gas- und Luftblasen erfüllt wird. Da diese nach der später erfolgenden Erhärtung des Materials in der Masse verbleiben, so sind die einzelnen Luftzellen bei dem Verfahren vollständig durch feine Wände von einander derart geschieden, daß eine jede Zirkulation der eingeschlossenen Gase verhindert und ein schlechter Wärmeleiter ersten Ranges erzeugt wird. Die zur Anwendung kommenden chemischen Prozesse gipfeln

[1]) Die Verfahren beruhen darauf, ein Gemisch von natürlichem Bimssande (DRP. 129294) mit verdünnter 10—15 % Kali- oder Natronlauge bis zu einer breiigen Masse einzukochen, die steife Masse zu formen, in einen Ofen von 300° C zu bringen und dessen Temperatur plötzlich auf 700° C zu steigern. Durch das hierdurch bedingte, stromweise Entweichen von Wasserdampf entsteht eine für Schleifzwecke geeignete, bimssteinartige, poröse Masse. — Das DRP. 146688 sieht an Stelle des Bimssandes andere aufschließbare Silikate vor. Vergl. Tonind.-Z. 1902, I, S. 558, 1903, II, S. 2145.

[2]) Vergl. u. a. Tonind.-Z. 1899, II, 1689, und 1897, S. 238.

vor allem in der Anwendung einer dem breiigen Materiale beigesetzten Säure und einer ebenfalls rechtzeitig zugesetzten fein verteilten Base. Beide müssen derart gewählt werden, daß sie bei ihrer chemischen Reaktion aufeinander irgend welche Gasart entstehen lassen und diese in Form größerer oder kleinerer Bläschen abscheiden; letztere bleiben in dem mörtelartigen Gemische des Materials suspendiert und bedingen bei dessen Erhärtung die erwähnte ausgiebige und gleichmäßige Porosität des Steines.

Die angewendeten Reagentien richten sich nach der Art des Grundmaterials und sollen gegen dasselbe sich womöglich neutral verhalten, jedenfalls dasselbe nicht in ungünstigem Sinne verändern. Bei Gips empfiehlt sich z. B. eine Anmengung desselben mit stark verdünnter Schwefelsäure und Hinzufügung staubförmig gemahlenen kohlensauren Kalkes; der schnell umgerührte Brei erhärtet alsdann in Formen zu einer porösen harten Masse. An Stelle der verdünnten Säure können auch Verbindungen derselben mit überschüssiger Säure treten, Tonerde, schwefelsaure Alkalien (im besonderen Weinsteinpräparate), Auflösungen von Eisenvitriol usf. Bei der Wechselwirkung verwandelt sich die jeweilige Base unter Ausscheidung eines Gases (CO_2 z. B.) in ein entsprechend saures Salz, wobei unter gleichzeitiger Neutralisierung der freien Säure und infolge sehr reichlicher und schneller Gasentbindung die plastischen Grundmaterialien in zellenförmige, poröse Körper — Kunst-Tuffsteine — verwandelt werden.

Nach dem Patente wird der Tuffstein aus Kieselgur und Gips als Bindemittel hergestellt und durch Zusätze von Weinstein, kohlensaurem Kalk und Eisenvitriol vermittelst Bildung und Austreibung der Kohlensäure stark aufgeblasen, so daß er vollkommen porös ist; das Verfahren gestattet, die Größe und Anzahl der Luftzellen verschieden, je nach dem Verwendungszwecke, zu wählen. Das Raumgewicht des hellgelb farbigen Steines schwankt je nach der Porenmenge zwischen 0,2—0,45; die Porosität kann die eines Badeschwammes bis zu der einer feinen Knochenkohle sein. Als Mörtel zur Verbindung der einzelnen Steine und Platten eignet sich im besonderen eine Mischung aus Infusorienerde mit gebranntem Stuckgips oder Zement.

Die Kunsttuffsteine werden bei einer Breite von 25 cm und einer Dicke von 4—8 cm in Längen bis zu $2^1/_2$ m geliefert; da sie leicht zerbrechlich sind, ist bei ihrem Transport wie ihrer Verwendung Vorsicht geboten. Die Steine lassen sich wie weiches Holz sägen und nageln.

Durch mehrfache Feuerproben zu Hannover und Frankfurt a. M.[1]) ist die Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Übertragung des Feuers bewiesen und zugleich festgestellt worden, daß der Stein der Beanspruchung durch sehr hohe Hitze erst nach längerer Einwirkung erliegt. Auch hat sich das Material, und zwar zum Teil in Verbindung mit Asbest[2]), als ein sehr zweckmäßiger Umhüllungsstoff für Eisenkonstruktionen erwiesen, der Temperaturen von rd. 1200° C zu ertragen vermag.

Kunsttuffstein findet wegen seiner großen Leichtigkeit und hohen Isolierfähigkeit vorzugsweise Verwendung zur Herstellung und Bekleidung von Wänden und Decken, zur Isolierung kalter und warmer Räume, zur Verkleidung von Wellblechbauten aller Art, von Bretterwänden, von Wasserbehältern gegen Einfrieren und Schwitzwasserbildung, für Kesseleinmauerung usw. Auch können Kunsttuffsteinarbeiten für Isoliergewölbe, unbelastete Deckenkonstruktionen usf. an Ort und Stelle mit oder ohne Eisenanlagen durch Guß hergestellt werden. Weiter wird das Material in Form von Schalen zur Isolierung von Rohrleitungen, im besonderen auch solchen für überhitzten Dampf, benutzt. Bei richtiger Anwendung sind die Erfolge so gut, daß ein nur sehr geringer Wärmeverlust

[1]) Am 26. September 1896 und 29. März 1901 zu Hannover, am 2. März 1901 zu Frankfurt a. M.

[2]) Die Ummantelungen bestanden aus Kieselgur, Zement und Asbestfasern, an Ort und Stelle hergestellt sowie aus halbkreisförmigen, fertigen Formenstücken aus Kieselgur, essigsaurer Tonerde, Mergel und Gips. Genaueres hierüber wird in dem Abschnitte: Der Feuerschutz der Eisenkonstruktionen mitgeteilt werden.

eintritt[1]). Bei der Aufbringung der Schalen ist darauf zu achten, daß sie niemals auf heiße Rohre, Kessel oder dergleichen gelegt werden dürfen, ohne mit einem Unterstrich versehen zu sein. Letzterer wird bei normalen Temperaturen bis zu 8 Atm. Druck mit einer Kieselgurmischung, bei höherem Druck und höchsten Temperaturen mittelst einer Kieselgur-Asbest-Komposition hergestellt; bei überhitztem Dampf soll der Unterstrich 10 mm übersteigen; sonst kann er sich an diese Grenze halten. Bei Ausführung der Arbeit wird die Unterstrichmasse mit dem zwei- und dreifachen Gewichtsquantum, wenn möglich warmen Wassers angerührt, gut durchgeknetet und in die innere Seite der Schale hineingestrichen. Die Befestigung der in Verband zu legenden Schalen findet durch Drahtverschnürung statt. Die Fugen sind sorgfältig mit der Unterstrichmasse zu dichten.

Als besonderer Kunsttuffstein ist neben dem Groteschen vorerwähnten Fabrikat noch zu nennen: Der Kunsttuffstein von S. Neffgen[2]), DRP. 80062. Der Stein wird aus Abfällen der natürlichen Tuffsteine, gebranntem Ton und Kalk hergestellt, geformt und hierauf 5 Tage lang in geschlossenen Behältern einer gleichbleibenden Temperatur von 100° C ausgesetzt. Der an die Kalksandsteine erinnernde Erhärtungsvorgang dürfte auch hier auf Bildung kieselsauren Kalkes beruhen[3]).

Kapitel VII.

Schlackensteine und verwandte Kunststeine.

§ 25. Schlackenziegel.

Aus Hochofenschlacken[4]) werden Kunststeine hergestellt entweder unter Verwendung besonderer Bindemittel oder unmittelbar aus der noch flüssigen Schlacke mittelst Gusses.

Zu der ersten Gruppe gehören die Schlackenziegel, Aschenziegel usf., zu der zweiten die vorwiegend im Straßenbau verwendeten gegossenen Schlackensteine.

Zur Herstellung der Schlackenziegel[5]) wird die aus dem Ofen fließende Schlacke zunächst durch „Granulieren“ d. i. Zerteilung in Kiesform einer Umarbeitung unterzogen. Zu diesem Zwecke wird die Schlacke entweder in geneigte Rinnen,

[1]) Dr. L. Grote garantiert z. B. einen Wärmeverlust von nur 0,4° C für das lfd. m Rohr und die Stunde. In Wirklichkeit bleibt der Wärmeverlust sogar noch erheblich hinter dieser Grenze zurück und soll nur 0,22—0,25° C betragen. Dieses Ergebnis ist aus sehr genauen Messungen an Rohrleitungen von 100 m Länge und einem Durchmesser von 175 mm und bei 350° C Überhitzung ermittelt.

[2]) Vergl. Bm. I, S. 226.

[3]) Kein eigentlicher Kunst-Tuffstein im Sinne der obigen Ausführungen erscheint der zwar als solcher bezeichnete Kunststein von J. B. Michels und F. Morlang (Brohl a. Rh.) nach dem DRP. 64361 hergestellt. Tuffsteinabfälle, auch Traß, Bimskies oder dgl. werden behufs Bindung und Färbung mit einer oder mehreren Sorten fetten Tons trocken gemischt, mit Wasser angefeuchtet, durchgearbeitet, geformt, an der Luft getrocknet und hierauf gebrannt. Der feste Stein soll sich zu jeder baulichen Verwendung für Tragkonstruktionen aller Art eignen.

[4]) Hochofenschlacke ist in der Regel ein Calciumtonerdesilikat mit accessorischen Mengen von Magnesia-, Mangan- und Eisenverbindungen sowie geringer Menge von Alkali. Auf je 1 cbm Eisen kann man die dreifache Menge von Schlacke rechnen.

[5]) Vergl. W. Lührmann, Mauersteine aus Schlacken, St. u. E. 1897, S. 991, ferner Dinglers polyt. Journ. Bd. 279, S. 41, Bd. 305, S. 72 (Otto Vogel, Verwendung der Hochofenschlacke zu Bauzwecken), St. und E. 1898, S. 178, sowie St. und E. 1898, S. 715, Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1896, S. 342, Bm. III, S. 134, und IV, S. 143.

durch welche ein Strom kalten Wassers geht oder in ein Bassin mit durchfließendem Wasser geleitet, wobei sie zum Teil in scharfkantigen Sand, zum Teil in spröde, leicht zerdrückbare Klümpchen zerfällt; bei kalkreichen und magnesiaarmen Schlacken ist im besonderen auf eine schnelle Abkühlung zu achten, da die Schlacken sonst in Staub zerfallen, während sie bei plötzlicher Einwirkung des Wassers in grauen oder weißen Sand zerteilt werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß im besonderen die hellen Schlacken zur Steinherstellung geeignet sind, weil die dunklen einerseits sehr viel mehr Bindemittel erfordern, andererseits einer erheblich längeren Erhärtungszeit bedürfen. Im besonderen erscheinen die Schlacken aus den Puddel- und Thomasöfen geeignet. Je nachdem das Rohmaterial dicht oder porös ist, erhält man granulierte Schlacken von 19 bis 33% Wassergehalt[1]).

Beim Einlauf der flüssigen Schlacken ins Wasser muß, wenn sie zur Steinherstellung geeignet sein sollen, eine Zersetzung in der Art stattfinden, daß Kieselsäure in einem löslichen Zustande ausgeschieden wird, in dem sie leicht an der Luft erhärtet und sich mit dem Bindemittel verbindet. Als solches wird in der Regel Kalkhydrat gewählt; es findet aber auch ferner gemahlene Hochofenschlacke[2]) selbst, sowie Portland-Zement[3]) und — seltener — Gips[4]) Anwendung.

Mit etwa 4—10 v. H. gebranntem gelöschtem Kalk bildet die lösliche Kieselsäure der Schlacken zu kieselsaurem Kalke in etwa 6—8 Tagen ab. Der etwa überschüssige Kalk zieht Kohlensäure aus der Luft an und erhärtet mit ihr zu $CaCO_3$; ehe die vollkommene Umwandlung des Kalks eingetreten, kann längere Zeit vergehen. Will man untersuchen, wie weit im Inneren der Stein schon abgebunden hat, so kann man dies durch Eintauchen einer Bruchfläche des Steines in eine Lösung von Eisenvitriol erkennen. An den Stellen, wo weder kiesel- noch kohlensaurer Kalk vorhanden ist, bildet sich hierbei sofort ein grüner Niederschlag von Eisenoxydul, der an der Luft alsbald in Eisenoxyd übergeht und gelb wird.

Die bindende Eigenschaft der granulierten Hochofenschlacken wurde zuerst zu Beginn der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts von Eugen Langen auf der Siegener Friedrich-Wilhelmshütte beobachtet und zur Herstellung von Steinen benutzt[5]), jedoch technisch nicht ausgenutzt. Andere Versuche seitens der Georgs-Marienhütte

[1]) Ein cbm des leichten Materials wiegt etwa 550 kg, ein solcher des schweren 750 kg. Wird granulierte Hochofenschlacke gemahlen, so wiegt 1 cbm rd. 1450 kg.

[2]) Wird granulierte Hochofenschlacke fein gemahlen, so ist die Kittung durch die darin enthaltene lösliche Kieselsäure schon eine genügende, um gute Mauersteine daraus herzustellen. Allerdings dauert die Bindung längere Zeit; auch stellt man Steine aus granulierter Schlacke mit an der Luft zerfallenem und dadurch aufgeschlossenem Schlackenmehl her; aber auch hier dauert die Abbindung allzu lange.

[3]) Zement als Bindemittel liefert einen festen, schweren und teuren Stein, der häufig (z. B. in Württemberg) auf den Baustellen als Betonstein verwandt wird, Bm. IV, S. 143. Als Mischungsverhältnis wird empfohlen 1 T. Portland-Zement + 2 T. grober Schlackenschotter + 1 T. Schlackensand; vergl. auch § 26 1.

[4]) Mit Gips kann man einen billigen und leichten, dabei dichten Stein erzeugen, der als die Wärme schlecht leitender Mauerstein Verwendung findet. Der in Formen erhärtende Stein wird deshalb besonders dicht, weil er im Augenblicke des Erhärtens sich auszudehnen versucht, hieran aber durch die Form gehindert wird.

[5]) Vergl. den Abdruck des Protokolls über Versuche mit aus granulierter Hochofenschlacke hergestellten Mörteln vom 12. März 1862 in St. und E. 1897, S. 991. Als Baumaterial wurde Hochofenschlacke nachweislich schon im 18. Jahrhundert verwendet und zwar zu einer Art von Schlackenpisébau, vergl. A. v. Schwab, Der Versuch, Häuser aus zerstoßenen Schlacken und Mauerspeise zu bauen, vom Jahre 1761, sowie der Bericht des Schloßbaumeisters Eliander in dem Tagebuch der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom Jahre 1748, fußend auf Erfahrungen des Verfassers bei Anlage von Schmelzwerken. — Siehe auch St. und E. 1898, S. 178.

zu Osnabrück (von 1859 an) Mauersteine nach einem 1863 erteilten Patente aus mechanisch (in Kollergängen) zerkleinerten Hochofenschlacken herzustellen, hatten ebenfalls keinen Erfolg, da das Verfahren zu teuer war und eine genügende Aufschließung der Kieselsäure bei ihm nicht stattfand. Technisch brauchbare und billige Steine wurden erst gegen Ende der 70er Jahre aus granuliertem Rohmaterial hergestellt, nachdem es gelungen war, die geeigneten leistungsfähigen Spezialmaschinen zu konstruieren[1]).

Die Herstellung der Steine ist eine einfache. Nach erfolgter Granulierung gelangt die Schlacke — gegebenenfalls unter Aussiebung nach der Korngröße — in Sammelkästen, Wasserbassins oder dergleichen, aus denen sie mit durchlöcherten Schöpfkellen, Körben, durch Schöpfräder, Baggergefäße oder dergleichen gehoben und — bei feuchter Vermischung — in die Ziegelformerei geführt wird. Hier findet durch mit Schaufeln ausgestattete Rührwerke die innige Mischung der Schlacke mit der Kalkmilch bis zu einem knetbaren, dicken Teige statt. Das für gewöhnlich aus 1 T. Kalk und 5—6 T. Schlackensand bestehende Gemenge wird alsdann in (vielfach mit rotierendem Tisch versehenen) Ziegelpressen geformt und nach Fertigstellung durch die Presse selbsttätig herausgehoben bezw. vorwärts geschoben.

Soll der Schlackenkies zunächst in trockenem Zustande mit zu Pulver gelöschtem Kalk vermengt werden, so wird die granulierte Schlacke in eisernen Behältern getrocknet, alsdann aufs innigste mit dem Kalk vermengt und wenn notwendig vor dem Pressen angefeuchtet. Diese Herstellungsart hat vor der zuerst erwähnten den Vorzug, vor schlecht gelöschtem Kalke (der im Kalkbrei schwerer erkennbar) zu sichern. Will man besonders dichte und feste Steine erzeugen, so mahlt man einen Teil der Schlacken, etwa 10 v. H. der Gesamtmasse, auf einem Kollergange und mischt das Mahlgut mit der granulierten Schlacke und dem Kalk zusammen.

Die nach der Pressung in geschützten Räumen an der Luft trocknenden Steine binden (durch Entstehen kieselsauren Kalks) bei günstiger Witterung in etwa 6—8 Tagen ab, bedürfen aber, ehe sie zum baulichen Gebrauche geeignet sind, noch einer weiteren Erhärtungsdauer von 6—8 Monaten[2]).

Da die Steine nicht gebrannt werden, sich also nicht verziehen, ist die Formgebung derselben eine unbeschränkte und beliebige. Die gepreßten Steine behalten beim Erhärten ihre Form sehr gut, zeigen alle scharfen Kanten und geraden Flächen. Sie werden am besten mit dünnem Kalkmörtel oder einem dem Steingemenge selbst ähnlichen Schlackenkalksandmörtel[3]) und dünnen Fugen vermauert, und brauchen somit wenig Mauerspeise. Die Farbe der Steine ist grauweiß, ihr Aussehen sandsteinähnlich, das Gewicht eines normalen Steines (25 . 12 . 6,5 cm) beträgt je nach der verwendeten Schlacke 3,2—3,5 kg, so daß auf 10000 kg Ladegewicht 3128—2850 Steine zu rechnen sind. In bezug auf seine Festigkeit kommt der Stein einem guten Ziegelsteine gleich, da seine Druckfestigkeit meist zwischen 80 und 140 kg/qcm liegt, nicht selten auch über diese Grenze (bis zu 160 kg/qcm) hinausgeht[4]). Hierzu kommt, daß der Stein mit zunehmendem

[1]) U. a. von den Firmen Bruck, Kretschel u. Co. in Osnabrück geliefert.

[2]) In der Alexandrowskihütte zu Jekatarinoslaw werden nach St. und E. 1898, S. 715, Steine aus vollkommen pulverisierter Schlacke und 4—10 v. H. Kalk hergestellt, welche nach dem Pressen sehr mürbe und gebrechlich sind, nach 3 Tagen aber bereits soweit abgebunden haben, daß man sie auf die Erde werfen kann, ohne daß sie zerbrechen; von 6 Tagen an sollen die eine Zugfestigkeit von 25 kg/qcm und eine Druckfestigkeit von 100—450 kg/qcm — je nach der Erhärtungszeit — zeigenden Steine bereits Verwendung finden können.

[3]) Alsdann erhält man einen Mauerkörper von überall gleich großer Elastizität.

[4]) Vergl. über diese Verhältnisse Z. d. V. d. Ing. 1900 (vom 3. Februar), S. 158, sowie Bm. V, S. 109. Die Druckfestigkeit der hier behandelten Steine der Sophienhütte bei Wetzlar betrug bei Prüfung

Alter auch an Festigkeit dauernd zunimmt. Bei zehnfacher Sicherheit wird demgemäß die zulässige Druckbeanspruchung des Steines 8—14 kg/qcm betragen können.

Der Widerstand des Materials gegen hohe Temperaturen ist sehr groß. Die Steine können bis zur Zerstörung des kohlensauren Kalkes d. h. bis zur schwachen Rotglut erhitzt werden, ohne an ihrer Festigkeit Schaden zu erleiden. Sollte jedoch bei solchen Temperaturen ein Teil von $CaCO_3$ bereits zersetzt sein, so wird Kohlensäure bei niederer Temperatur wieder aufgenommen, dem Stein also seine Festigkeit belassen. Es eignet sich dies Material um so mehr zu Feuerungsstätten, als die Gase in Schornsteinen und an ähnlichen Stellen größere Mengen von CO_2 zu enthalten pflegen; aus dem gleichen Grunde ist der Stein auch zur Ausmauerung von Kalköfen geeignet.

Die Durchlässigkeit des Steines ist erheblich größer als die gewöhnlicher gebrannter Ziegel[1]), und dementsprechend auch die Porosität; dabei ist aber die Zeit der Wasseraufsaugung erheblich größer, also die Geschwindigkeit der letzteren kleiner, als beim gebrannten Ziegel. Während ein solcher 12 Stunden bis zu seiner Sättigung mit Wasser braucht, erfordert der Schlackenziegel hierzu eine Zeit bis zu 190 Stunden. Im Gegensatze hierzu erlangt der Schlackenstein jedoch seine Durchlässigkeit für Wasser und Luft schneller wieder als der Ziegelstein.

Gut abgebundene und erhärtete Steine sind frostsicher.

Seine Verwendung findet das Material, wie aus den voranstehenden Ausführungen bereits zum Teil ersichtlich, in der gleichen Weise wie ein gut gebrannter Ziegel, wie ein Kalksandstein oder dergleichen, also im besonderen zu Tragkonstruktionen des Hochbaues aller Art. Auch sind — und zwar in England — aus dem Material künstliche Fliesensteine gewonnen worden[2]).

Die Herstellung geschieht hier mittelst einer hydraulischen Presse mit rotierendem Tische; die einzelnen Fliesen werden auf losen, genau passenden Eisenplatten gepreßt und, auf ihnen ruhend, durch Stempel aus der Presse entfernt. Die Plattengröße beträgt 61 × 61 cm bis 76,2 × 91,4 cm.

§ 26. Besondere Arten von Schlackenziegeln und diesen verwandte Kunststeine.

Als besondere Arten der Schlackenziegel oder ihnen verwandte Kunststeine sind zu nennen:

1. Der Schlackenstein nach dem DRP. 105652[3]). Zu seiner Herstellung wird Schlackenkies und auf einem Steinbrecher zerkleinerter Kalkstein in bestimmter Korngröße (durch Siebung gewonnen) mit Portland-Zement unter Zugabe von Wasser auf einem Kollergange frei gemahlen, der entsprechende Mörtel mit granulierter Hochofenschlacke versetzt und nur gerade feucht, mit Stempelpressen in eisernen Formen gepreßt. Der innerhalb 24 Stunden erhärtende, sogleich nach der Presse aber bereits transportfähige Stein hat die Eigenschaft eines guten Zement-Kunststeines und kann wie dieser Verwendung finden. —

an der Luft 114,9, wassersatt 94,4, nach dem Ausfrieren an der Luft 85,3 und unter Wasser 76,3 kg/qcm. Nach Tonind.-Z. 1899, I, S. 253, beträgt die Druckfestigkeit der Steine, erst wenige Monate alt, im Mittel 100 kg/qcm. Nach Untersuchungen der Berl. Prüfungs-Anst. für Baumat. sind Druckfestigkeiten bis zu 106 kg/qcm beobachtet worden.

[1]) Vergl. Zeitschrift für Biologie Bd. XI, Heft III, sowie Z. d. V. d. Ing. 1875, Bd. XIX, S. 187 u. f.

[2]) Vergl. St. und E. 1902, S. 407, und Iron and Coal Trades Review 1902 vom 17. Januar.

[3]) Vergl. Tonind.-Z. 1899, II, S. 1437; Pat. von G. Stratmann.

2. Hochofenschlackenstein nach dem DRP. 138312[1]). Der in der Hochofenschlacke vorhandene, durch Kieselsäure schon gebundene Kalk wird vor Verformung der Schlacke aufgeschlossen, um ein hinzugeführtes, kieselsäurereiches Material (z. B. Sand) binden zu können. Zu diesem Zwecke wird die zerkleinerte oder gemahlene Schlacke in eine Trommel gebracht und diese bis zur Hälfte gefüllt. Durch die hohle Trommel-Welle wird unter gleichzeitiger Drehung der Trommel, und zwar unter hohem Drucke, Dampf zugeleitet. Nach Abstellung desselben wird Sand oder dergleichen zugesetzt und nach genügender Mischung das Gemenge in Formen gepreßt. Um den Erhärtungsvorgang zu beschleunigen, können die gepreßten Steine auch 8—10 Stunden in Dampferhärtern — gleich den Kalksandsteinen — unter Druck gehalten werden.

3. Steine aus Schlackenwolle[2]). Schlackenwolle besteht aus Schlackenfäden, die durch Ausblasen von geschmolzener Hochofenschlacke mittelst eines kräftigen Dampfstrahles erhalten werden. Zu diesem Zwecke läuft die Schlacke durch besonders konstruierte Ausläufe in einem möglichst gleichmäßigen, nicht zu starken Strome aus dem Hochofen in mit Kohlenasche ausgekleidete Rinnen aus Eisenplatten. Die aus der Rinne in dünnem Strahl von etwa 1 cm Durchmesser abfließende Schlacke, wird etwa 10 cm unterhalb der Rinne von einem sichelförmigen Dampfstrahle getroffen, welcher die Schlacke zu harten Fäden ausbläßt. Diese sammeln sich in einem anschließenden Raume. Die Trennung der reinen Schlackenwolle von mitgerissenen größeren Schlackenkörnern erfolgt durch einen zweiten kräftigen Dampf- oder Luftstrom, der von unten aus zugeleitet, die leichteren Schlackenwollfäden in einen oberen Behälter treibt. Schlackenwolle zeichnet sich aus durch ein sehr geringes Wärmeleitungsvermögen[3]), sowie große Widerstandsfähigkeit gegen Verbrennen[4]) und Fäulnis[5]). Steinen beigemengt, verleiht Schlackenwolle diesen Elastizität und Zähigkeit; hierbei verbindet sie sich sehr gut mit hydraulischen Bindemitteln.

Nach dem DRP. 130608[6]) wird Zement und Schlackensand im Verhältnis von 1:3 bis 1:8 gemengt und dieser Mischung nach Anfeuchten und Durcharbeiten 5—10 v. H. Schlackenwolle zugesetzt. Je nach dem Feuchtigkeitsgehalte der Masse werden die Steine gegossen oder gestampft; sie sind feuerbeständig und der Fäule nicht ausgesetzt, lassen sich aber dabei nageln, schrauben, sägen usw.; infolge des hohen Porengehaltes ist das Material auch ein schlechter Wärme- und Schallleiter.

In ähnlicher Weise wird das Material vielfach als Füllstoff für Isoliersteine der verschiedensten Art verwendet[7]).

4. Schlackensteine aus Rückständen von Kesselfeuerungen für Pflasterzwecke[8]). Die aus Kesselfeuerungen verbleibenden Schlacken werden zunächst von allen Aschen-

[1]) Patent-Inhaber: Oberschulte, Pat. vom 22. Nov. 1902. Vergl. u. a. Tonind.-Z. 1903, I, S. 642.

[2]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, II, S. 1118, und Dinglers polyt. Journ. Bd. 279, S. 22, 47 und 69.

[3]) Eine aus Schlackenwolle hergestellte 2—3 cm starke Platte, unten rotglühend, kann oben ohne Gefahr mit der Hand berührt werden. Setzt man die Leitungsfähigkeit der Schlackenwolle = 1, so ergibt sich diejenige der Baumwolle zu 1,22, der Schafwolle zu 1,36, der Infusorien-Erde zu 1,36, der Kohle zu 1,40 und der Sägespäne zu 1,63.

[4]) Als Feuerschutz ist das Material deshalb besonders geeignet, weil das Wasser nicht herabfließt, sondern aufgesogen und festgehalten wird. Flammen erzeugen hier mithin Wasserdampf, der seinerseits eine Verminderung der Feuerwirkung bedingt.

[5]) Das Material wird auch als Isolationsmasse verwandt. Nach Zusatz von Wasserglaslösung, Borax oder Alaun entsteht eine breiartige Masse, die aufgetragen bald zu einem festen Isoliermantel erhärtet.

[6]) Von Anton Szuman, pat. vom 2. April 1901, vergl. Tonind.-Z. 1902, I, S. 727.

[7]) Vergl. Tonind.-Z. 1903, II, S. 1768.

[8]) Vergl. Tonind.-Z. 1901, II, S. 1297.

teilen und Verunreinigungen gesäubert und vollkommen trocken im Kollergange zu feinem Sande gemahlen, gesiebt und alsdann im Verhältnisse von 4:1 mit fetten, vorher ebenfalls getrocknetem und gekollertem Ton vermengt. Dem letzteren werden auf je 100 kg etwa 5 kg Bleiglätte und 1 kg gemahlener Braunstein zugesetzt. Die unter Wasserzugabe gut gemischte, knetbar feuchte Masse geht alsdann durch ein Walzwerk und hierauf zu den Pressen. Die gepreßten und übertrockneten Steine werden bis zur Sinterung (erforderlich ist meist Seger Kegel 12—15) gebrannt und liefern eine harte und derart zähe Pflastermasse, daß man nicht im stande ist, mit einem Maurerhammer auch nur ein Stückchen abzusplittern.

5. Metallik-Pflaster. Sand von Hochofenschlacken von etwa Erbsengröße und größere Schlackenbrocken (von 4 bis 5 cm Durchmesser) werden mit Portlandzement trocken gemischt und durch Wasserzusatz zu einer erdfeuchten Masse umgewandelt; damit der Abbindeprozeß nicht allzuschnell vor sich geht, wird dem Wasser Soda oder kohlensaures Ammonium zugesetzt. Aus dieser so vorbereiteten Masse wird das Pflaster an Ort und Stelle auf einer durchaus festen und dichten Unterlage in einzelnen Streifen derart hergestellt, daß die ganze Straße aus einem fugenlosen Stücke besteht. Auch können Platten, deren Fugen man später mit Schlackenzement dichtet, aus der Masse gegossen werden.

6. Kalkaschenziegel. Steinkohlenasche, am besten solche von Steinkohlengrus, der auf Treppenrosten verbrannt ist, wird gesiebt. Die über Erbsengröße zeigenden Teile werden zurückbehalten, durch Auslaugen von löslichen Salzen befreit und hierauf wieder getrocknet. Der Asche setzt man alsdann bis zur Erbsengröße gemahlene Schlacken oder Steine zu, und vermengt diese Masse im Verhältnis von 3 bis 4:1 mit dicker Kalkmilch und mit soviel Wasser, daß sich eine gerade noch knetbare Masse bildet. Die während der Durcharbeitung in der Mischmaschine immer plastischer werdende Rohmasse wird alsdann zu Ziegeln, am besten durch Stempelpressen, gepreßt. Die hierdurch gebildeten Steine erhärten (nach dem Austrocknen) durch Bildung kohlensauren Kalks entweder langsam an der Luft oder sehr viel schneller in besonderen Räumen, in denen sie der Einwirkung von erwärmter, zwischen den Ziegeln durchstreichender Kohlensäure ausgesetzt werden (meist durch Einstellen von Coakskörben bewirkt). Die Verwendung der Steine gleicht der gewöhnlicher Mauerziegel. Zur Vermauerung bedient man sich des gewöhnlichen Kalksand- oder eines Aschenkalkmörtels von der Zusammensetzung der Steine.

§ 27. Gegossene Schlackensteine[1]).

Die zur Herstellung gegossener Pflastersteine verwendbare Hochofenschlacke darf bei langsamer Abkühlung keinerlei Risse aufweisen und muß die Fähigkeit besitzen, sich an der Luft auszudehnen und zusammenzuziehen ohne hierbei Sprünge zu erhalten; auch ist auf eine, von Natur aus, rauhe Oberfläche Wert zu legen, wenn diese auch künstlich durch Aufbringung feinen Quarzsandes oder dergleichen geschaffen oder vergrößert werden kann. Im allgemeinen eignen sich saure Schlacken wegen ihres langsamen und gleichmäßigen Erstarrens besser als solche basischer Natur. In der Regel werden die Schlacken nicht unmittelbar dem Hochofen zur Herstellung der Steine entnommen, sondern zunächst in Flammöfen nochmals umgeschmolzen, um ein möglichst gleichartiges Gußmaterial zu erreichen. Von diesem Ofen aus wird alsdann die Schlacke in fahrbare Tiegel, Schalen

[1]) Auf die in Frage kommenden Öfen und sonstigen Einrichtungen wird bei dem Abschnitte: Herstellung des Eisens ausführlich eingegangen.

u. dergl. geleitet, und zu der Gußstelle gebracht; auch kommen zu gleichem Zwecke rotierende Öfen, aus feuerfesten Materialien hergestellt, vor, die, auf Wagengestellen montiert, eine innige Durcharbeitung des flüssigen Rohmaterials und seine bequeme Beförderung gestatten.

Sollen bereits abgekühlte Schlacken benutzt werden, so sind dieselben in Kupolöfen unter Anwendung von Brennmaterial und Gebläseluft wieder flüssig zu machen und von hier in einen Raffinier-Ofen zu leiten.

Das Gießen der Steine erfolgt vielfach in einem in viele Zellen (in der Regel 100) geteilten eisernen Rahmen, der mit seiner Unterseite auf einer festgestampften ebenen Quarzsandschicht aufsitzt, und somit die Herstellung rauher Steinoberflächen einerseits gewährleistet, andererseits die Gewinnung vieler Steine auf einmal gestattet. In den Trennungswänden der einzelnen Zellen sind hierbei Ausschnitte vorhanden, damit die Schlacke von einer Zelle in die nächste überfließen und den ganzen Rahmen allmählich und gleichmäßig ausfüllen kann. Die noch flüssige Schlacke wird alsdann, unter Aufstreuen von Quarzsand mit eisernen Walzen solange zusammengepreßt, bis der Stein nicht mehr flüssig und nur noch dunkelrot glühend ist. Des öfteren werden auch die Schlacken in für nur einen Stein[1]) oder zwei passenden, aus einem unteren und einem oberen Teile bestehenden, vorgewärmten Formen gepreßt. Hierbei wird ein Haften der Steine in den Formen durch ein vorheriges Ausstreichen dieser mit Ton oder Kalkmilch verhindert; eine rauhe Oberfläche kann durch Vermengung dieser Ausstreichmasse mit Sand bewirkt werden.

Um die Schlacke weniger spröde zu machen oder eine größere Festigkeit zu erzielen, findet nicht selten eine Vermischung des heißen Rohmaterials mit Ton, Asche, Sand und dergleichen statt; im besonderen eignen sich hierzu die vorerwähnten drehbaren Öfen. Zweckmäßig ist, so lange zu mischen, bis keinerlei Gase mehr entweichen und die Masse eine erhebliche Zähigkeit erlangt hat. Nach dem DRP. 58796 wird die Schlacke innig mit Tonerde oder solchen Aluminium-Verbindungen zusammengeschmolzen, welche die Schlacke basisch zu machen vermögen. Um Verunreinigungen oder weniger gut durchgeschmolzene Teile abzuscheiden, wird alsdann die Masse zentrifugiert, hierauf der zur Steinherstellung geeignete Rückstand gut durchgemischt und in Formen gegossen.

Von sehr großer Wichtigkeit für die Güte der Steine ist eine gleichmäßige und langsame Abkühlung derselben nach dem Gusse. Diese kann durch sofortige Überdeckung der fertig gewalzten oder gepreßten Steine mit einer Asche- oder Sandschicht von etwa 20 cm Höhe geschehen oder in besonderen Kühlöfen zur Ausführung gebracht werden, hier ebenfalls unter Bedeckung mit Asche oder einem ähnlichen, die Wärme schlecht leitenden Stoffe.

Neben Eisenschlacken finden zur Herstellung von Pflastersteine auch Kupferschlacken Verwendung[2]), so z. B. die Schlacken der Kupferschiefer bauenden Gewerkschaft zu Mansfeld; hierselbst wird die Kupferhochofenschlacke aus dem Ofen unmittelbar abgestochen und sofort in eiserne (36 Steine enthaltende) gut vorgewärmte Formen gegossen. Die Formen mit ihrem Inhalte werden alsdann hoch mit Sand bedeckt und zur Abkühlung mindestens 72 Stunden sich überlassen. — Der Mansfelder Pflasterstein hat sich vielfach ausgezeichnet bewährt.

Ob die gegossenen Steine fehlerfrei sind, wird auf eine ebenso einfache wie zweckmäßige Weise dadurch ermittelt, daß sie mit einem schweren Hammer auf ihre Festigkeit geprüft werden; hierbei zerspringen alle diejenigen Steine, welche größere Luftblasen

[1]) Die Steine hängen hierbei nur durch einen dünnen Gußstreifen zusammen oder werden durch eine starke Einkerbung getrennt, so daß ein Auseinanderschlagen beider Steine leicht möglich ist.

[2]) Vergl. Dinglers polyt. Journal Bd. 305, S. 47.

im Innern oder Sprünge aufweisen. Die im allgemeinen sehr regelmäßig geformten und demgemäß mit geringen Fugen zu versetzenden Steine geben ein durchaus beständiges, dauernd rauhes, ziemlich geräuschloses und der Abnutzung wenig unterworfenes Pflaster ab.

Kapitel VIII.

Magnesia-Kunststeine.

§ 28. Magnesiumhaltige Bindemittel.

Der in Deutschland zur technischen Verarbeitung gelangende Magnesit, d. i. kohlensaures Magnesium, stammt z. T. aus Griechenland von der Insel Euböa und der Gegend von Korinth (97 % $MgCO_3$ + SiO_2 + Spuren von Eisen), z. T. aus Steiermark (Mittendorf, Veitschtal, mit 88 % $MgCO_3$) und Ungarn (Minsan 95 % $MgCO_3$), in geringerer Menge aus Frankenstein in Schlesien (46—48 % MgO + 46—50 % CO_2)[1].

Das kohlensaure Magnesium, auch Magnesitspat oder Talkspat genannt, kommt seltener in wasserhellen Kristallen als in dicht kristallinischen Felsmassen in der Natur vor. Es wird benutzt zur Herstellung von Kohlensäure und zu diesem Zwecke bei etwa 600° C geglüht. Der Rückstand MgO = Magnesiumoxyd, wird fein gemahlen und unter dem Namen „gebrannte Magnesia“ in den Handel gebracht. Dieser Körper zeigt in seinem Verhalten viel Ähnlichkeit mit gebranntem Kalk, bildet auch gleich diesem mit Wasser angemacht eine bald erhärtende Masse und eignet sich zu einem hydraulischen Bindemittel, auch zu einem solchen für feuerfeste Steine. Da jedoch seine chemischen Verbindungen mit Kalk und Chlormagnesium noch besser erhärtende Gemenge abgeben, so werden diese vorzugsweise zur Herstellung von Kunststeinen benutzt. Die drei vorwiegend als Bindemittel verwendeten Gemenge setzen sich zusammen aus:

a) gebrannter Magnesia und kohlensaurem Kalk,

b) gebrannter Magnesia oder gelöschtem Kalk, Wasserglas und Chlormagnesium,

c) gebrannter Magnesia und Chlormagnesium.

a) Gebrannte Magnesia und kohlensaurer Kalk (Kreide) werden beide außerordentlich fein gepulvert und mit Wasser vermengt. Die Erhärtung tritt bald ein und ist besonders groß, wenn der Stein unter Wasser verbleibt, steigt auch mit der Güte der gebrannten Magnesia. Das Gemenge läßt sich auch durch Brennen von pulverisiertem Dolomit bei schwacher Rotglut erzielen; hierselbst wird zunächst, da die Abtrennung der Kohlensäure vom Calciumoxyd (CO_2 + CaO) bedeutend höherer Brenntemperatur bedarf, nur die kohlensaure Magnesia in MgO + CO_2 zerlegt, also Kohlensäure abgeschieden. Die entstehende pulverförmige Masse wird mit Wasser zu einem bald erhärtenden Brei[2] vermengt, dem die verschiedenartigsten Füllstoffe zugesetzt werden können.

Will man den kohlensauren Kalk möglichst rein erhalten und verwenden, so empfiehlt sich der folgende Weg. Eine Chlorcalciumlösung wird filtriert und so lange mit chemisch reiner Soda versetzt, als sich noch ein Niederschlag von kohlensaurem Kalke bildet; der letztere wird abfiltriert, mehrfach ausgewaschen und etwas ausgetrocknet. Der somit erhaltene, chemisch reine, sehr fein verteilte kohlensaure Kalk wird dann mit der gebrannten Magnesia vermengt.

---

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1900, I, S. 691.

[2]) Dieses Bindemittel führt den Namen Weißzement, Dolomitzement, Medinazement. Verwendet werden zweckmäßig Dolomite, welche wenig Tonerde und Kieselsäure enthalten und bei einer Temperatur unter 400° C gebrannt werden können.

Bei allen Herstellungsarten entsteht eine dem Marmor ähnliche, weiße, bei längerem Lagern unter Wasser stark erhärtende Kunststeinmasse, allgemein Magnesiakalkzement genannt.

b) Gebrannte Magnesia oder gelöschter Kalk mit Wasserglas und Chlormagnesium. Da Kalk billiger als Magnesia ist, wird ersterer in der Regel verwendet. Zu Staub gelöschter Kalk wird mit (Sand und) Wasserglaslösung gemengt. Die Masse wird hierauf in Formen gepreßt und getrocknet. Der entstehende Stein wird alsdann in Chlormagnesiumlösung getränkt, um nunmehr an der Luft zu erhärten. In der Masse bilden sich hierbei durch chemische Umsetzung kieselsaure Magnesia und kieselsaurer Kalk, welche nach dem Austrocknen die verschiedenartigsten Füllstoffe mit großer Kraft zusammenhalten. Das bei der Umsetzung entstehende Chlornatrium wittert allmählich aus den Steinen aus und kann durch Abwaschen oder Auslaugen beseitigt werden.

Es entsteht ein sandsteinähnlicher, feuersicherer Kunststein.

c) Gebrannte Magnesia und bis 80%ige Chlormagnesiumlösung. Aus den chemischen Verbindungen $MgO + MgCl_2$ bildet sich Magnesiaoxychlorid $= Mg_2OCl_2$, eine Verbindung von rein weißer Farbe, sehr großer Festigkeit und Härte, die als Bindemittel den Namen Magnesiazement oder Sorelscher Zement führt und sich mit erheblichen Mengen Füllstoff vereinigen läßt, ohne daß hierdurch die Festigkeit oder das schöne Aussehen des Steines eine Beeinträchtigung erfährt. Als Füllstoffe, die zweckmäßig besonders fein zerteilt verwendet werden, sind Quarzmehl, Glasmehl, Holzschliff, Infusorienerde, feiner dichter Kalkstein, Schieferpulver usw. zu nennen. Meist werden diese Füllstoffe, die bis 90% der Gesamtmasse ausmachen können, mit der gebrannten Magnesia innig vermischt und hierzu eine Chlormagnesiumlösung von 15—20° Bé unter stetem Umrühren hinzugefügt. Der entstehende bildsame Brei erhärtet in Formen schnell. Seine Festigkeit hängt im besonderen, wie Versuche ergeben haben, von der richtigen Konzentration der $MgCl_2$-Lösung ab.

§ 29. Magnesium-Kunststeine.

Als künstliche, mit einem der obigen Bindemittel hergestellte Steine sind zu erwähnen:

1. Feuersichere Magnesitsteine[1]). Magnesit[2]) wird möglichst hoch tot gebrannt um bei nochmaligem Erhitzen keine Schwindung mehr zu erleiden. Zu seiner Bindung wird der gleiche Stoff — gebrannte Magnesia — gewählt, die aber nur bei niedriger Temperatur gebrannt ist und noch die Fähigkeit besitzt, mit Wasser ein Magnesiumhydrat zu bilden. Meist werden für das Bindemittel aus der gebrannten Magnesia die weniger stark gebrannten Stücke ausgesucht, zerkleinert und längere Zeit angefeuchtet gelagert; die Bildung des Magnesiumhydrats kann durch Erwärmen der feuchten Magnesiamasse im Dampfkessel bei 140—150° C erheblich unterstützt werden. Das erhaltene Magnesiumhydrat wird alsdann mit dem hochgebrannten Magnesit gemischt, unter sehr starkem Druck (300 Atm.) in Formen gepreßt und bei einer Temperatur, die über dem Schmelzpunkt von Seegerkegel Nr. 15 liegt, gebrannt. Es entsteht ein — allerdings nicht säure- aber hochfeuerfestes Material, das im besonderen beim Bau von Martinsöfen, vielfach

[1]) Vergl. C. Bischof, Die feuerfesten Tone, 3. Aufl., Leipzig, Verlag von Quandt u. Händel, 1904, S. 345 u. f., sowie Tonind.-Z. 1900, S. 2108, desgl. 1902, I, S. 162.

[2]) Verwendet wird fast ausschließlich hierfür das Steirische Material aus Veitschthal, und zwar wegen seiner Fähigkeit, in hoher Temperatur zusammenzusintern, ohne jedoch zu schmelzen.

auch bei Hoch- und Puddelöfen, Roheisenmischern usw. mit bestem Erfolge verwendet worden ist, sich jedoch weniger gut in der Kalk- und Zementindustrie bewährt hat. Die dunkelbraunen, auch weißen Steine werden in allen Größen bis aufwärts zu 50 . 50 . 25 cm geliefert; sie sind volumbeständig, ziehen keine Feuchtigkeit an und springen nicht bei bedachtsamem Erhitzen, entsprechen also allen an sie als hochfeuersicheres Material zu stellenden Anforderungen.

2. Magnesitbausteine. Die Herstellung derselben erfolgt in der Regel nach einem der vorerwähnten drei chemischen Umbildungsprozesse oder durch eine Verschmelzung derselben. So entsteht z. B. auf normalem Bildungswege eine rein weiße Kunststeinmasse durch innige Vermengung von MgO und amorpher Kieselsäure (z. B. Infusorienerde), die den Namen Albolith, auch Weißstein führt und zur Herstellung von Kunstgegenständen Verwendung findet. Ein ähnliches Produkt ist Cajalith, ein aus MgO und $MgCl_2$ gemengter und gegossener Stein, der in beliebigen, besonders hellen Tönen gefärbt wird und wetter- wie feuerbeständig ist. Fügt man der Cajalithmasse Sand zu, so erhält man gute Mauersteine, setzt man Marmorstaub hinzu ein marmorähnliches Material (Marmorit) u. s. f.; auch lassen sich aus der Masse durch Hinzufügung sehr harter Füllstoffe Schleifsteine erzeugen.

Als in geringerem oder größerem Maße von der Normalherstellung abweichend, seien die folgenden Herstellungs-Verfahren von Magnesiumkunststeinen mitgeteilt:

a) Quarzpulver wird mit gebrannter Magnesia (im Verhältnisse von 1 : 1 oder 2 : 1) und verdünntem Kaliwasserglase zu einem dickflüssigen Brei gemengt und dieser geformt. Zum Zwecke der Abbindung des überschüssigen Wassers wird dem Gemenge nunmehr die Luft entzogen und dasselbe unmittelbar darauf einem Überdrucke von Kohlensäure von 1—10 Atm. ausgesetzt. Es entsteht aus dem Magnesiumoxydhydrat ein Magnesiumkarbonat, das sich mit Quarzpulver zu einem Magnesiumkarbosilikat verbindet und eine äußerst harte, wetterbeständige Steinmasse liefert. In gleicher Weise werden auch Gemenge von gebrannter Magnesia mit Marmorstaub, Sand oder dergleichen behandelt.

b) In ähnlicher Weise werden nach dem DRP. 111680[1]) Steine dadurch gebildet, daß gebrannte Magnesia mit amorpher Kieselsäure in Form von Infusorienerde sorgfältig gemischt und mit einer Chlormagnesiumlösung von 25—30° Bé vermengt wird. Diese Lösung wirkt auf das Magnesiumoxyd derart ein, daß sich Magnesiumoxydhydrat und basisches Chlormagnesium bilden; ersteres vereinigt sich mit der Kieselsäure zu kieselsaurer Magnesia. Als Füllmaterial wird Sand, Sägemehl u. dergl. zugesetzt und hierauf die Masse durch Pressen geformt. Nachdem die Steine einige Wochen genügend abgebunden, werden sie in ein Bad mit Wasserglaslösung gebracht. Dieses zersetzt das basische Chlormagnesium und bildet einerseits wiederum kieselsaure Magnesia, andererseits Chlornatrium. Es ist mithin jegliche im Stein vorhandene Magnesiumverbindung in kieselsaures Magnesium übergeführt. Das entstandene Kochsalz wird durch Auslaugen entfernt.

c) Einen trockenen silikathaltigen Magnesiazement zur Herstellung von Steinen usw. sucht das DRP. 105523[2]) durch gemeinschaftliche Eindampfung zweier Lösungen von Chlormagnesium und Wasserglas bis zur vollständigen Trockne und nachherige Zumischung von gebrannter Magnesia zu erreichen. In einem Zusatzpatent[2]) (DRP. 128664) ist an

[1]) Von der Gesellschaft für Fabrikation von Kunststeinen H. Amelung u. Co., pat. vom 15. Mai 1898, vergl. Bm. V, S. 287.

[2]) Von Jakob Steiger, vergl. Tonind.-Z. 1899, S. 1402; Zusatzpatent Nr. 128664 vom 23. Februar 1901, vergl. Tonind.-Z. 1902, S. 558.

Stelle der Lösung von Wasserglas auch solches in trocknem, gepulverten Zustande, also in fester Form oder in silikatähnlicher Natur zugelassen. Eine gleichwertige Wirkung wie Wasserglas haben nämlich alle leicht aufschließbaren Silikate, wie Schlacken, Traß, Puzzolane, Santorin, Basalt, Granit u. dergl., da dieselben beim Eindampfen der zugemischten Chlormagnesiumlauge bei der Zersetzungstemperatur der letzteren (+ 130° C) aufgeschlossen werden und eine teilweise Umsetzung erleiden. Infolge Freiwerdens von hydratischer Kieselsäure durch Vermittelung der sich bildenden Salzsäure des Chlormagnesiums wird auf diesem Wege ein sehr wirksames Zementgemisch mit gebrannter Magnesia erreicht.

Bei dem DRP. 105523[1]) werden Lösungen von Chlormagnesium und Wasserglas innig miteinander vermischt, nach chemischer Umsetzung bis zur Trockne eingedampft und mit gebrannter Magnesia zu einem staubtrockenen, jederzeit gebrauchsfähigen, wirksamen Bindemittel vereinigt. Das Mengenverhältnis von Chlormagnesium und Wasserglas ist hierbei so zu wählen, daß ein Teil des ersteren unzersetzt im Überschusse verbleibt. Die Mischung läßt sich — was bei Chlormagnesium schwer ist — sehr gut bis zur staubförmigen Trockne eindampfen. Auch hat sich ergeben, daß das in dieser Weise hergestellte, trockene Zementpulver beliebig lange, ohne feucht zu werden, aufbewahrt werden kann.

Nach Anmachen mit Wasser erlangt der Bindestoff, auch der mit ihm hergestellte Stein gute Festigkeit und Härte; auch ist hier die unangenehme Eigenschaft des Chlormagnesium, aus der Luft Wasser aufzunehmen, beseitigt, ein Umstand, der wohl auf die Bildung eines beständigen Doppelsalzes aus dem überschüssigen Chlormagnesium und dem aus der Umsetzung hervorgegangenen Alkalichlorid zurückzuführen sein dürfte.

d) Carrarit[2]), ein dem natürlichen Weißmarmor ähnlicher (von S. Lehner erfundener) Kunststein, wird aus sehr fein gemahlener, reiner, bei 700—800° C gebrannter Magnesia dadurch hergestellt, daß diese mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und das sich am Boden in sehr feiner Verteilung absetzende Magnesiumhydroxyd in Formen gepreßt wird. Die in der Form langsam trocknende Masse besitzt ein Aussehen wie mattes Porzellan und wird einem weißen Naturmarmor erst nach einer Behandlung mit Kohlensäure (durch Einstellung in mit letzterer gefüllte Räume) ähnlich. Es bildet sich hierbei aus dem Magnesiumhydroxyd kristallinisches, das Licht — ähnlich wie Marmor — durchlassendes basisches Magnesiumkarbonat. Das bisher nur zu Kunstgegenständen verwendete Material dürfte sich gut zur Nachahmung von reinweißen Marmorplatten eignen.

e) Kunststein nach dem DRP. 131166[3]). Zunächst wird ein Naturstein, Granit, Marmor, Sandstein oder dergl. bis zur körnigen Beschaffenheit gemahlen und die entstandene Masse mit Magnesiazement (von 1/4 ihres Volumens) trocken gemengt; hierzu wird eine Natriumsulfitlösung (1/20 Volumen) gesetzt und nun erst die Chlormagnesiumlösung (etwa 1/3 der Gesamtmenge) hinzugegeben. Das längere Zeit mechanisch gut durchgearbeitete Gemenge wird alsdann in Formen gestrichen, in denen es langsam zu einer sehr festen, dem Natursteine nahekommenden Masse erstarrt.

f) Kunststeine nach dem DRP. 65407[4]). Gebrannte Magnesia wird mit oder ohne Zusatz von Marmormehl, Sand, Erdfarbe usw. mit einer Flüssigkeit aus 64 T. gesättigter Chlormagnesiumlösung, 33 T. gesättigter Chlorcalciumlösung, 1 T. Chlorwasser und 2 T. Salzsäure vermengt. Die geformte

[1]) Vergl. Bm. IV, S. 377.
[2]) Vergl. S. Lehner, Die Kunststeine, A. Hartlebens Verlag, I, S. 83—85.
[3]) Von Paul Reiche, pat. vom 2. April 1901.
[4]) Von O. Terp-Hannover.

und erhärtete Masse gelangt alsdann in ein Bad aus gleichen Teilen gesättigter Chlormagnesium- und Chlorcalciumlösung, wird hierauf getrocknet und mit Ölen oder Paraffin getränkt.

g) Magnesiaasphaltkunststein. 25 Teile Magnesiumchloridlösung von 30° Bé werden mit etwa 50 Teilen Asphaltpulver oder einem ähnlichen, bitumenreichen Körper zu einem schlammigen Brei verrührt und hierbei zu der Masse allmählich Magnesiumoxyd (75 bis 150 Teile) zugesetzt. Je nach dem Mengenverhältnisse erstarrt die zu Platten oder Steinen geformte Masse in 5—30 Stunden zu einer harten, im Wasser unlöslichen, an der Sonne nicht erweichenden Masse, die nach künstlicher Trocknung zu Straßenpflaster, zu Bürgersteigen, Hofbefestigungen usw. Benutzung finden kann.

Die bei Verwendung des Magnesiazements zu Kunststeinen an diesen vielfach später auftretenden Veränderungen in bezug auf ihr Volumen, ihre Härte und ihr Aussehen scheinen entweder dadurch hervorgerufen zu werden, daß die käufliche gebrannte Magnesia sehr oft erhebliche Mengen kohlensauren Kalkes enthält, der sich beim Mischprozesse in das hygroskopische Chlorcalcium umwandelt, oder dadurch bedingt zu sein, daß die zur Herstellung des Chlormagnesiums benutzte rohe Salzsäure oder ersteres Salz selbst eine größere Menge von Schwefelsäure oder schwefelsauren Verbindungen enthalten; letztere gehen alsdann mit der verwendeten Magnesia neue Verbindungen ein, machen die Kunststeine unter Einwirkung von Luft und Wasser unansehnlich und arbeiten an ihrer Zerstörung. Beide Arten schädlicher Einwirkungen zu beseitigen, ist der Zweck der DRP. 88859 und 126178[1]).

Das DRP. 88859 sucht die Bildung von Chlorcalcium infolge des Gehaltes der Rohstoffe an $CaCO_3$ durch einen Zusatz von einbasischem phosphorsaurem Kalk zu der Mischung zu verhindern.

Zu diesem Zwecke wird aus Salzsäure und gebrannter Magnesia (4000—6000 g) ein stark basisches Chlormagnesium hergestellt, dieses mit geeigneten Füllmassen zur Herstellung von Steinen[2]) vermengt und hierauf das in Wasser lösliche Kalkphosphorsalz (250—500 g) zugesetzt. Es bilden sich aus letzterem und etwa vorhandenem Magnesium Kalk, Eisen, Aluminium usw. unlösliche Verbindungen, durch welche der Steinkörper einerseits die Härte des Apatits erlangt, andererseits die Bildung von im Wasser löslichem Chlorcalcium verhindert wird. Die in Formen gebrachte Masse erstarrt bald zu einem harten, dauernd glänzenden, vollkommen rißfreien und volumenbeständigen Steine, der nur ein geringes Nachputzen erfordert. Die Festigkeit des Materials möge daraus beurteilt werden, daß ein aus 3 T. Quarzsand und 1 T. Bindemittel hergestellter Stein bereits nach 7 Tagen eine Zugfestigkeit von 70 kg/qcm aufwies.

Das DRP. 126178 legt hingegen Wert auf Herstellung eines von Schwefelsäure und deren Salzen vollkommen freien Chlormagnesium; dasselbe wird in bekannter Weise gereinigt durch Hinzufügung von kohlensaurem Barium, das bei Vorhandensein von Schwefelsäure sofort einen weißen, in Wasser unlöslichen Niederschlag von $BaSO_4$ erzeugt. So lange sich ein Niederschlag bildet, wird der Zusatz fortgesetzt und alsdann die gereinigte Chlormagnesium-Lösung durch einen Heber oder dergl. abgesogen. —

[1]) Von Dr. L. Preußner-Berlin, vergl. Tonind.-Z. 1896, S. 770, und 1901, II, S. 2115, sowie Bm. I, 178/179. Bei dem ersten Verfahren ist darauf zu achten, daß der zur Verwendung gelangende phosphorsaure Kalk von Schwefelsäure und deren Salzen frei ist.

[2]) Z. B. Sand, Quarz, Flint, Flußspat, Marmor, Baryt, einschließlich etwaiger Mineralfarben; auch können Sägemehl, Zellstoff, bezw. bei Schleifsteinen Schmirgel, Korund, Karborundum u. a. m. Anwendung finden.

§ 30. Magnesitbauplatten.

Unter Magnesitbauplatten werden vorwiegend aus Magnesiazement mit Füllstoffen — oft auch mit geheimgehaltenen Beimengungen — unter Druck hergestellte Platten verstanden, welche zu Wandbekleidungen aller Art, Dachdeckungen, Fußbodenbelägen, zur Herstellung transportabler Häuser usw. Verwendung finden. Nicht selten wird der Magnesiazement, mit den Füllstoffen zu einem dicken Brei vermengt, auf Jutegewebe oder dergleichen gestrichen und mit diesen durch Pressung fest vereinigt. Eine beliebige Färbung kann durch Zusatz von säurefesten Farben erfolgen. Als Füllstoffe werden meist leichte Materialien, wie Korkmehl, Sägemehl, Infusorienerde usw. verwendet. Als zweckmäßige Mischung wird angegeben 1,75 Gew.-T. MgO, 2,50 Gew.-T. $MgCl_2$-Lösung, 0,55 bis 0,70 Gew.-T. Sägemehl oder dergleichen.

Als zweckmäßig hat sich auch eine Beimengung von Asbest ergeben, weil die Biegungsfestigkeit der Platte hierdurch vergrößert und somit dem Eintreten von Rissen entgegengewirkt wird. Die in wenigen Tagen nach ihrer Herstellung für den Gebrauch fertigen Platten widerstehen bedeutenden Hitzegraden, brennen nicht, übertragen auch keine Flammen, können also — wie auch von Baupolizeibehörden anerkannt — als feuersichere Konstruktionen angesehen werden; dabei sind sie, was besonders für Dachplatten wichtig, wetterbeständig und in dieser Beziehung gutem Schiefer gleichzustellen. Weiter eignen sich die Platten zu Isolationszwecken aller Art, sowohl gegen Feuchtigkeit als auch gegen Einflüsse der Temperatur, vermindern auch die Schallübertragung. Nach den Prüfungsergebnissen der K. Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin haben die vielfach verwendeten Magnesitplatten der deutschen Magnesitwerke zu Berlin die folgenden Biegungsfestigkeiten ergeben (erprobt an Platten 17 . 17 . 2 cm):

Zustand der Probe	luft-trocken	Drei Stunden einem Holzfeuer ausgesetzt und		wasser-satt	ausgefroren	
		an der Luft langsam abgekühlt	durch Einsenken in Wasser plötzlich abgekühlt		an der Luft	unter Wasser
Biegungsfestigkeit v. Probe I in kg/qcm . .	126	77	76	78	99	107
Biegungsfestigkeit v. Probe II in kg/qcm . . .	113	63	59	95	97	99

Probe I[1]) ergab nach 12 Stunden 4,8, nach 125 Stunden 5,1 % Wasseraufnahme, ihr Härtegrad wurde zu 8—9 (Topas-Schmirgel) nach der Mohsschen Skala bestimmt, der Bruch zeigte ein gleichförmiges, sehr dichtes, schuppiges Gefüge mit scharfkantigen Trennungsflächen und von holzähnlicher Farbe. — Auch bestanden die Proben die Prüfung auf Wetterfestigkeit durchaus, ohne Gewichtsverluste und Gefügeveränderungen zu erleiden.

Magnesitplatten lassen sich ähnlich wie Holz bearbeiten, also sägen, bohren, nageln usw., auch gewähren sie Befestigungsteilen (Schrauben, Nägeln) der verschiedensten Art einen durchaus sicheren und festen Halt. Infolge des dichten Gefüges lassen sich die Platten auch polieren und erhalten hierdurch ein marmorähnliches Aussehen. Ein Verputzen der Magnesitplatten ist nicht notwendig[2]), da die glatten Außenseiten der Platten nach Überstreichen von Leinöl ein Auftragen von Ölfarben usw. gestatten; auch können Tapeten

[1]) Also ein Material der deutschen Magnesit-Werke zu Berlin.

[2]) Vergl. DB. 1900, S. 408.

unmittelbar aufgeklebt werden. Zum dichten der Plattenfugen dient ein Kitt aus Zement, Gips oder Wasserglas mit Schlämmkreide.

Wand- und Deckenverkleidungsplatten — Abb. 32 —, in der Regel mit halbem Falze ineinander greifend und durch Gradheit wie guten Schluß ausgezeichnet, werden in Größen von 1 m × 1 m und 1 m × 1,5 m geliefert; für Außenflächen beträgt ihre Stärke 20 mm, für Innenflächen 12 mm. Derartige Platten (der Deutschen Magnesitwerke) wiegen für je ein qm rd. 31 bezw. 19 kg. Die unmittelbar auf den Sparren lagernden

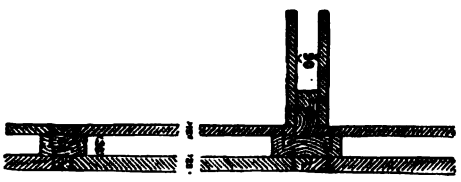


Abb. 32a.

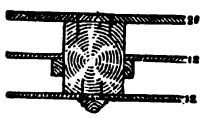


Abb. 32b.

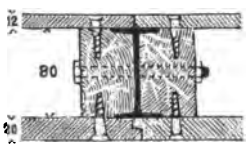


Abb. 32c.

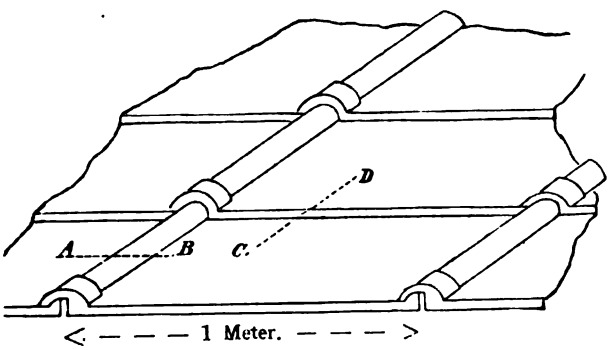


Abb. 33a.

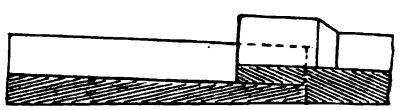


Abb. 33c. Schnitt CD.

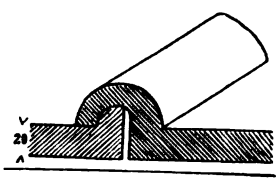


Abb. 33d. Schnitt A—B.

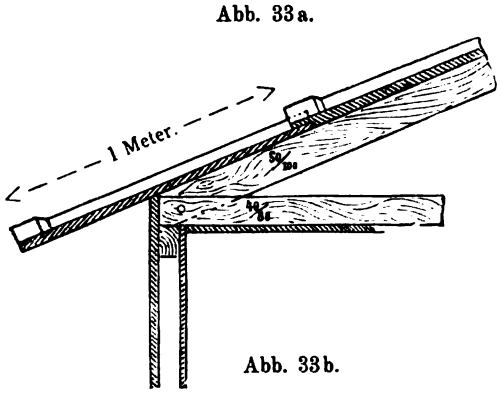


Abb. 33b.

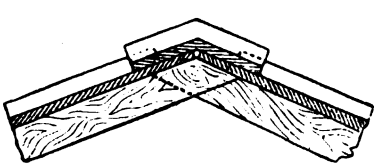


Abb. 33e. Firstausbildung.

Dachplatten werden meist, um wenig Fugen im Dache zu erhalten, in Größen von 1 qm und 20 mm stark geliefert[1]). An ihren Lager- und Stoßfugen greifen sie falzartig übereinander, für den First werden besondere Firstplatten geliefert. (Vergl. Abb. 33a—e.)

Eine besondere Art von Magnesit-Bauplatten ist durch das DRP. 53952[2]) geschützt.

Einem Gemenge von pulverisiertem Flußspat mit Schwefelsäure wird eine Lösung von schwefelsaurem Magnesium zugesetzt; durch Wechselwirkung bildet sich schwefelsaurer Kalk und Flußsäure. Treten die Dämpfe der Flußsäure auf, so wird allmählich

[1]) Die 1 qm großen Dachplatten der deutschen Magnesit-Werke wiegen bei 20 mm Stärke je 25 kg.

[2]) Von Adrian v. Berkel-Berlin.

gebrannte Magnesia — im Überschusse — und Wasser zugegeben und somit ein Fluormagnesiazement in dem Gemenge erzeugt, der nicht nur sehr hart, sondern auch wetter- und wasserbeständig ist und zudem nicht durch Auswitterungen, wie manche Chlormagnesiumzemente leidet. Je nach dem besonderen Zwecke werden Bindemittel — Sägemehl, Sand, Kreide usw. — zugesetzt; der sich bildende Teig wird zu Platten geformt, die gepreßt und getrocknet gleich den vorerwähnten Magnesitplatten bauliche Verwendung finden. —

§ 31. Xylolith, Torgament, Papyrolith und verwandte Baustoffe.

1. Xylolith oder Steinholz[1]). Steinholz — ein heute weit verbreitetes und besonders im inneren Ausbau beliebtes Baumaterial besteht wesentlich aus Magnesiazement und zwar aus Magnesiaoxychlorid und Holzsubstanz. Zunächst wird gebrannte Magnesia in einem Mahlwerke zu feinstem Mehl gepulvert und sodann durch ein Naßmischwerk — gegebenenfalls unter Zusatz von Farbstoffen — mit Wasser zu einer dickflüssigen Masse vermengt. Die letztere gelangt hierauf durch Rohrleitungen in ein Trockenmischwerk, um hier (mit der 5—6 fachen Menge der verwendeten Magnesia) mit Sägespänen innig gemischt zu werden. In der schnelllaufenden Mischmaschine wird zugleich soviel Chlormagnesiumlösung, daß sich die gesamte Magnesia in Magnesiumoxychlorid umbilden kann, zugesetzt, und zwar allmählich in kleinen Mengen, damit sich ein gleichförmiger zäher Teig bildet. Nachdem die Mischung noch ein Schleuderwerk passiert hat, das etwa zusammengeballte Teilchen löst und zerstreut, wird sie durch Arbeiter in Formen eingebracht und hier auf genaue Höhe eingestellt, um später die gewünschte Plattenstärke zu ergeben. In der Regel werden mehrere Platten, alsdann durch starke Stahlbleche voneinander geschieden, zusammengepreßt, und zwar durch hydraulische Pressen von 300 Atm. Betriebsdruck. Der Druck der Presse wird alsdann, um letztere wieder frei zu bekommen, durch starke Verschraubungen, welche die Platten während ihres Abbindens zusammenhalten, abgefangen.

Nach Bildung des Magnesiumoxychlorids, also nach vollkommener Erhärtung — d. i. nach etwa 1—2 Tagen — werden die Schrauben gelöst und nunmehr die Platten zur Entfernung alles überschüssigen Chlormagnesiums 3 Tage im Wasserbade ausgelaugt und schließlich in besonderen Trockenkammern langsam getrocknet.

Das zur Verwendung gelangende Holz kann in der Form von Spänen, als Mehl, als gedämpfter oder ungedämpfter Holzschliff oder auch (selten) in Form von Cellulose verarbeitet werden; und zwar in gröberer oder feinerer Zerteilung, je nachdem man die Struktur des Holzes mehr oder weniger zur Darstellung bringen will. Findet weiches (weißes) Holz Anwendung, so zeigt das Steinholz naturgemäß geringeres Gewicht als bei harter (und dunkler) Holzart. Das Färben der Masse kann erfolgen sowohl durch Beimengung besonderer pulverförmiger Farbstoffe (Berl. Blau, Chromgelb, Terra di Siena, Bolus usw.) als auch durch Verwendung von natürlich[2]) oder künstlich gefärbten Hölzern[3]).

[1]) Von Otto Sening u. Co. in Potschappel bei Dresden. Vergl. u. a. die Broschüre der Firma sowie Tonind.-Z. 1900, II, S. 1183, DB. 1892, S. 244 usw.

[2]) Z. B. Rot-, Gelb- und Blauholz.

[3]) Das gefärbte Holz gibt sehr gleichmäßig gefärbte Massen, im besonderen bei Verwendung weichen, hellen Holzes. Zum Ausfärben des Holzes sind immer 2 Vorgänge notwendig, ein Beizen der Holzoberfläche (zur Festbindung der Farbstoffe) und ein Ausfärben derselben; als Beizungsmittel werden angewendet 1—2%ige Lösungen von schwefelsaurer Tonerde, Zinnsalz, Eisenvitriol usw., als Farbmittel Blau- und Rotholzextrakte, Gelbholzabkochung, Blutlaugensalz, Galläpfelabkochung (letztere beide in Verbindung mit Eisen als Beizmittel), auch Teerfarben, nach Imprägnierung des Holzes mit dünner Leimlösung.

Xylolith ist ein äußerst zähes und festes Material, das weder bei einem längeren Kochen in Wasser, noch unter der Einwirkung von Frost oder sonstigen Witterungseinflüssen leidet; es brennt nicht, überträgt keine Flamme und verkohlt erst allmählich bei Anwendung höchster Hitzegrade. Steinholz ist ein sehr schlechter Wärmeleiter und steht — wie Untersuchungen im mechanischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu Dresden ergeben haben — in bezug auf seine Wärmeleitung zwischen Kork und Asbest; es vermag demgemäß in bezug auf Fußwärme einen Holzfußboden gut zu ersetzen; auch ist das Material vollkommen sicher gegen Schwamm und Fäule, besitzt ferner infolge seiner dichten faserigen Struktur wie aus der in der Anmerkung [1]) beigefügten Tabelle ersichtlich ist, eine sehr erhebliche Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung. Wegen seiner großen Dichte, wie Sicherheit gegen Reißen, ferner wegen seiner sehr gleichmäßigen Abnutzung hält Steinholz den Staub nicht fest, wie es bei Holzfußböden der Fall ist; da sich zudem auch weder Ansteckungsstoffe noch Ungeziefer hier festsetzen können, entspricht ein Xylolith-Fußboden auch den Anforderungen der Hygiene. Das Material wird nur in Plattenform, also fertig gepreßt und zwar in den Größtabmessungen von 1,67 . 0,82, 1,52 . 0,83, 0,995 . 0,995 m und in Stärken von 10 mm [2]) an aufwärts geliefert. Kleinere Platten werden aus diesen Formaten zugeschnitten.

Xylolith findet Verwendung vorwiegend zu Fußböden, ferner zu Tischplatten, für Wandbildung und Wandbekleidung, zu Deckenkonstruktionen, zur Innenverschalung von Dächern usf. Seine Verwendung wird dadurch vereinfacht, daß es sich wie hartes Holz bearbeiten, also sägen, drechseln, schnitzen, fräsen und bohren läßt.

Als Belag eignet sich Steinholz in gleicher Weise zu Fußböden wie Treppen; hierbei kann es sowohl auf Holzunterlage — auch auf ausgetretenen Dielen, als auch auf steinige oder metallene Unterbettung (Beton, Gipsestrich, Ziegelpflaster, Fliesen aller Art, Sandsteinplatten, eisernen Stufen usw.) verlegt worden. Um kleine Unebenheiten der Bettung usw. auszugleichen, wird eine Kittmasse aufgetragen, die zugleich auch zur Fugendichtung Verwendung findet. Bei massiver Bettung besteht diese Kittmasse in feuchten Räumen oder unter Verhältnissen, woselbst die Bettung durch Nässe stark beansprucht wird aus Wasserglas, Schlemmkreide und Sand, setzt sich in stark

[1]) **Abnutzbarkeit von Pflastermaterialien und Fußbodenbelägen, zusammengestellt nach Untersuchungen der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien in Charlottenburg-Berlin:**

Porphyre (aus 18 Versuchen festgestellt)		6,7 ccm
Basalte aus der Gegend von Bonn		7,1 „
Xylolith		7,7 „
Granite (aus 88 Versuchen festgestellt)		8,3 „
Grauwacken		9,7 „
Dunkelgelbe Klinker (Bitterfeld)		21,8 „
Schwarzbraune Klinkerpflaster-Platten (Wesel)		21,8 „
Braune Klinker (Bitterfeld)		25,4 „
Gewöhnliche Klinkerplatten		29,4 „
Oberbayrischer weißer Marmor		24,4 „
Hannoverscher Kalkstein		48,6 „
Hellgelber schlesischer Sandstein		72,8 „
Portland-Zement, rein, 28 Tage alt, in feuchter Luft erhärtet		42,3 „
1 Teil desgl. und 1 Teil Normalsand	(aus je 28 Versuchen ermittelt)	15,3 „
1 „ „ „ 2 „ „		17,1 „
1 „ „ „ 3 „ „		32,4 „
1 „ „ „ 4 „ „		53,1 „

[2]) Vorhanden sind Stärken von 10, 12, 14, 15 und 17 mm.

geheizten Räumen aus Magnesiazement mit Sand zusammen und wird schließlich bei hölzernem Unterbau aus Magnesiazement und Sägespänen gebildet.

Nach den Untersuchungen der kgl. Prüfungsstation für Baumaterialien in Berlin[1]) besitzt Xylolith i. M. eine Zugfestigkeit in lufttrockenem Zustande von 251, in wassersattem von 162, desgl. ausgefrorenen und zwar an der Luft von 193, unter Wasser von 183, mit Leinöl gesättigt, nach der Entnahme aus dem Firnisbade von 265 und nach hierauf erfolgter Trocknung von 276 kg/qcm.

Die am Würfel von 50 qcm Fläche bestimmten Druckfestigkeiten stellen sich unter den oben erwähnten 6 Versuchszuständen auf: 854, 749, 775, 762, 885 und 902 kg/qcm. Die Biegungsfestigkeit wurde in lufttrockenem Zustande zu 439, in wassersattem zu 412 kg/qcm bestimmt, das spezifische Gewicht zu 1,553, die Abnutzung zu 7,7 ccm[2]), die Wasseraufnahme der Platte nach 12 Stunden zu 2 1/2 %, nach 216 Stunden zu 3,8 %, desgl. am Würfel zu 2,5 % bezw. 4,5 % gefunden. Ferner zeitigten die Untersuchungen auf Wetterbeständigkeit und Feuerübertragungsfähigkeit durchaus günstige Ergebnisse.

Steinholz wird zur besseren Erhaltung zweckmäßig mit heißem Leinöl (2—3 mal) getränkt und auch von Zeit zu Zeit hiermit abgerieben; auch kann durch Wachsen dem Belage ein spiegelnder Glanz verliehen werden.

Dem Steinholz stehen nahe sowohl in der Zusammensetzung als auch in den wichtigsten Eigenschaften:

2. Das Torgament[3]), ein aus Holz, Asbest und Mineralmasse bestehender, fugenloser und vollkommen feuersicherer Fußboden. Derselbe fault nicht, stockt nicht, ist vollkommen undurchlässig und läßt sich als Estrich — also fugenlos — auf jeden festen trockenen Unterboden aufbringen und in beliebiger Höhe — ohne Unterbrechung — an den Wänden hochziehen. Als besondere Arten wurden als geeignete Unterböden für Linoleum ein Torgamentsägespanestrich, als Unterlage für Räume, die vollkommen mit Teppichen belegt werden sollen, ein Torgamentplattenstrich empfohlen.

Aus den Untersuchungsergebnissen der kgl. mechan. techn. Versuchsanstalt zu Berlin folgt, daß das Gefüge von Torgament, feinkörnig, zellig und blasig ist, und daß der Bruch uneben, rauh und scharfkantig verläuft. Die Dichtigkeitsverhältnisse sind aus der nachstehenden Zusammenstellung zu entnehmen.

Farbe des Materials	braun		gelblichweiß
Raumgewicht (r)	1,553	1,598	1,217
Spez. Gewicht (s)	3,061	3,061	2,970
Dichtigkeit (d)	0,501	0,522	0,410
Undichtigkeit (u)	0,499	0,578	0,590
Mittlere Abnutzung ccm . .	18,5	20,4	25,2

3. Papyrolith[4]). Das dem Steinholz besonders ähnliche und gleich diesem ver-

[1]) Vergl. u. a. B. M. 1888, S. 164 u. f.

[2]) Vergl. S. 209 (91) Anm. 1. Zum Vergleiche seien weiter die Abnutzungswerte anderer Fußbelagmaterialien unter den gleichen Versuchsbedingungen mitgeteilt:

Linoleum 5,1—1,4 mm dick	7,1 ccm
Kiefernholz mit Ölfarbenanstrich	22 „
„ „ „ und lackiert . . .	24 „
„ ohne „	24 „
Fichtenholz mit „	29 „
„ „ „ und lackiert . . .	36 „
„ ohne „	45 „

[3]) Hergestellt von der Torgamentfabrik von Fr. Lehmann u. Co., Leipzig.

[4]) Von Paul Becker, Dresden-Löbtau (DRP.) hergestellt.

wandte Material kommt entweder in sehr hartgepreßten, einfarbigen, in der Masse gefärbten Tafeln in den Handel und zwar naturfarben (hellgelb), eichenartig (dunkelgelb), rot und granitähnlich (dunkelgrau), oder in pulverförmigen Zustande zur Herstellung fugenlosen Estrichs an Ort und Stelle. Die erhältlichen Plattenabmessungen sind: 1,0 . 1,0, 0,495 . 0,495, 0,33 . 0,33, 0,245 . 0,245 und 0,19 . 0,19 m; ihre Stärke beträgt: 10—11, 12—14, 15—17, 18—20 und 24—26 mm und entsprechend ihr Gewicht für 1 qm: 15—17, 18—21, 23—26, 28—31, 37—40 kg.

Aus den Untersuchungen der Berliner Prüfungsanstalt ergeben sich die folgenden Eigenschaften:

Probe I. Gefüge: feinkörnig, blasig, porös.

Bruchfläche: schalig, scharfkantig, von bräunlich-gelber Farbe.

r = 1,591, s = 2,193, d = 0,725, u = 0,275, Abnützung 18,1 ccm[1]).

Probe II. Gefüge: faserig, holzartig.

Bruchfläche: unregelmäßig, rauh, hellbraun.

r = 1,487, s = 1,787, d = 0,832 u = 0,168.

Wasseraufnahme 16,6 % des Trockengewichtes, Biegungsfestigkeit 284 kg/qcm.

	trocken	wassergesättigt	ausgefroren
Druckfestigkeit	517 kg/qcm	224 kg/qcm	179 kg/qcm
Zugfestigkeit	100,8 „	75,3 „	38,9 „

Mittlere Abnutzung 5,4 ccm; auch wurde die Feuersicherheitsprobe ausreichend bestanden.

Probe III. Geprüft an den techn. Lehranstalten zu Chemnitz: s = 1,882; Zugfestigkeit (an der Luft) 71,8 kg/qcm; Biegungsfestigkeit 177,6 kg/qcm; Druckfestigkeit 243,7 kg/qcm; Härtegrad 2,5 — also zwischen Gips und Kalkspat.

Soll die Masse an Ort und Stelle für den Gebrauch fertiggestellt werden, so wird sie nach geeigneter Vorbereitung auf die rauhe und trockene Unterlage etwa 2 cm dick aufgetragen, um hier in etwa 4—6 Tagen ohne künstliche Wärme abzubinden und auszutrocknen. Da die Masse nach ihrer Erhärtung der Einwirkung der Atmosphäre und Temperatureinflüssen vollkommen widersteht, so können auch Fußböden im Freien von Papyrolith hergestellt werden.

Als ähnliche Baustoffe wie die vorbeschriebenen seien ferner genannt:

4. Dresdament-Holzgranit[2]), 5. Korkolith, 6. Terralith[3]), 7. Xylopal[4]), 8. Lingnolith[5]), 9. Hygiena-Fußboden[6]), 10. Eudapedon[7]) u. a. m.

---

[1]) Vergl. Anm. 1 auf S. 209 (91); wegen der Abkürzungen vergl. die Tabelle auf S. 210 (92).

[2]) Ebenfalls ein fugenloser Steinholz-Estrich, hergestellt von der Dresdener Firma R. Oertel.

[3]) Von der Firma C. u. E. Mahla in Nürnberg.

[4]) Nach Versuchen der Berliner Prüfungs-Anstalt ist:

r = 1,004, s = 1,705, d = 0,589, u = 0,411.

[5]) Hergestellt von den Lignolith-Werken in Mannheim. Nach Versuchen der Berliner Prüfungs-Anstalt ist die Wasseraufnahme in 24 Stunden 2,6 %, ferner r = 1,454, s = 1,869, d = 0,778, u = 0,222. Abnutzung 12,8 ccm.

[6]) Von der Firma R. Beck u. Co.-Stuttgart. Nach Versuchen der Berliner Prüfungs-Anstalt beträgt die Abnutzung nur 0,8 ccm; ferner ist: r = 1,328, s = 2,073, d = 0,641, u = 0,359. Das Gefüge ist gleichmäßig, etwas locker, porös, der Bruch unregelmäßig, rauh, etwas bröckelig und von bläulichgrauer Färbung.

[7]) Das Material wird in der Regel in zwei Schichten aufgetragen, deren untere aus Sägespänen und Magnesit, deren obere aus Magnesit, Speckstein und Holzschliff mit besonderen, die schnelle Abbindung bewirkenden Mitteln besteht. Nach Versuchen der Berliner Prüfungs-Anstalt ist r = 1,608, s = 1,945, d = 0,827, u = 0,173; die Wasseraufnahme wurde als sehr gering, 0,1—0,3 %, die Abnutzungsgröße zu 20,4 ccm ermittelt.

Kapitel IX.

Korksteine und Korkplatten.

§ 32. Das Rohmaterial und die Herstellung der Korksteine und Korkplatten.

Das Rohmaterial[1]) zu den heute eine wichtige Rolle im Bauwesen spielenden Korksteinen und Platten liefert die Rinde der Korkeiche (Quercus suber), die im besonderen im mittleren und westlichen Mittelmeergebiet, in Spanien, Portugal, Südwestfrankreich, Istrien, Kroatien, Dalmatien und Algier wächst. Der Baum bedarf einer vieljährigen Entwickelung und Pflege, ehe ein brauchbarer Kork an ihm geerntet werden kann, da in den ersten 12—15 Jahren sich vorzugsweise nur eine feste, unbrauchbare Rinde (der sogen. „männliche" Kork) bildet. Nach Abtrennung derselben entsteht ein immerhin noch wenig brauchbares, schwammiges und stark gerissenes Material (der Jungfernkork), und erst nach dessen Entfernung bildet sich der gute Kork, der alle 4—6 Jahre abgeschält werden kann. Eine Korkeiche wird mithin erst nach etwa 15—20 Jahren nutzbar; sie liefert 15—25 Ernten, ehe sie mit etwa 150 Jahren abstirbt. Das Abschälen erfolgt mittelst besonderer, gewölbter Beile, nachdem in je etwa 0,5 m Entfernung durch senkrechte Einschnitte die Rinde zerteilt worden ist. Die hierbei erhaltenen gewölbten Platten werden durch Dämpfen oder Rösten geebnet.

Das Korkgewebe ist schwammig, enthält sehr viel Hohlräume, ist geschmeidig, unverwesbar, und zeichnet sich durch geringe Wärmeleitung sowie durch ausreichende Undurchlässigkeit für Gase und Flüssigkeiten aus. Es verbrennt nicht, sondern verkohlt nur allmählich.

Der chemisch bisher noch wenig untersuchte Korkstoff besteht aus einer Mengung von Suberin und Holzstoff und ist der Zellulose ähnlich, gegen diese aber durch einen größeren Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt ausgezeichnet. Alkohol und Äther entziehen dem Kork 2—3 v. H. Korkwachs (Cerin) und geringe Spuren harziger Körper. Die Asche enthält 3—7 % kieselsaure Verbindungen.

Der im Altertum bereits — wenn auch ausschließlich für Zwecke der Schifffahrt und Fischerei — verwendete Kork wird heute in der Hauptsache zum Schneiden von Flaschenkorken verwendet. Die hierbei sich bildenden Abfälle, etwa 50—60 v. H. der Gesamtmasse, finden Anwendung zur Herstellung der Korksteine und Korkplatten, sowie des Linoleums und ähnlicher Fabrikate.

Die Einführung des Korksteines als Baumaterial erfolgte 1880[2]) durch das DRP. 13107 der Firma Grünzweig u. Hartmann zu Ludwigshafen, welcher überhaupt das Verdienst gebührt, die Korksteinindustrie in hervorragender Weise gefördert zu haben. Die ersten Steine bestanden — noch ähnlich wie heute manche Fabrikate — aus Korkstückchen mit einem Bindemittel von Ton und Kalk; die eigentliche Bindung wurde durch Ton bedingt, der Kalk hatte nur die Aufgabe, die Tonteilchen durch Umhüllung gegen ein Ablösen vom Kork durch Wasser zu schützen. Die eine Biegungsfestigkeit von 3,37 kg/qcm und eine Druckfestigkeit von 14,21 kg/qcm zeigenden hellfarbigen Steine behielten unter Wasser ihren Zusammenhang, sogen aber, durch die Natur des Binde-

[1]) Vergl. Bm. V, S. 326.

[2]) Vergl. u. a. DB. 1881, Nr. 73, sowie den Hauptkatalog der Firma Grünzweig und Hartmann zu Ludwigshafen a. Rh., der vieles Wissenswerte über Korksteine enthält.

mittels bedingt, Wasser ein. Die heute verwendeten, meist geheim gehaltenen Bindemittel besitzen in der Regel teils organische, teils mineralische Bestandteile. Bemerkenswert in dieser Beziehung erscheinen die in den DRP. 68532, 128231 und 133034 niedergelegten Herstellungsverfahren.

Der durch das erstgenannte DRP. der Firma Grünzweig u. Hartmann geschützte, hervorragend bewährte Baustein benutzt als ein, in Form einer sehr dünnen Haut fest am Korke haftendes Bindemittel eine wässerige Emulsion aus Ton und Teer, Mineralöl, fetten Ölen oder Harzseifen gemischt, aus welcher beim Trocknen der Korksteine ein Teil der (flüchtigen) Teerbestandteile abgeschieden wird. Die anderen beiden Patente hingegen, der Firma A. Haake in Celle gehörend, benutzen als Bindestoff für ihre Korksteine ein Gemenge von Tonbrei und Pech. Während bei dem DRP. 128231 das getrocknete Korkklein mit mehlartigem, feingepulvertem Pech solange zusammengemischt wird, bis die einzelnen Korkteilchen mit feinem Pechstaube bedeckt sind und hierauf erst möglichst heißer Tonbrei zugesetzt wird, schlägt das DRP. 133034 einen entgegengesetzten Weg insofern ein, als hier das Pech in dünnflüssigem, auf etwa 200° C erhitztem Zustande der aus Kork und Tonbrei vorher bereiteten Mischung zugefügt wird. Es wird, gerade hierdurch, beim späteren Durchkneten der Masse eine möglichst feine Verteilung des Pechs und eine gleichmäßige Umhüllung aller Korkteilchen durch mit Pech innig durchsetzten Tonbrei gesichert, sowie ferner eine solche Dampfentwickelung[1]) und Wärmesteigerung erreicht, daß ein Aufquellen der Korkzellen stattfindet. Die beiden Arten des Bindemittels — Ton und Pech — ergänzen sich insofern zweckmäßig, als bei Erhitzung das eine, das andere bei Feuchtigkeit in Frage kommt.

Der Herstellung der Korksteine[2]) aus ihren Rohmaterialien geht zunächst eine Reinigung der Korkabfälle voraus; diese erstreckt sich sowohl auf die Entfernung von holzigen Stellen, fremden Beimengungen u. dergl., als auch auf die durch einen Luftstrom von 140—150° C bewirkte Abtötung etwa vorhandener, lebender Organismen. Die Korksteinabfälle gelangen alsdann in besonders konstruierte (Schlagkreuz-) Mühlen, die sich mit großer Geschwindigkeit drehen und von hier aus auf große Siebapparate, welche das zerkleinerte Rohmaterial in 5—7 Mahlungen trennen. Die verschiedenen Korngrößen werden alsdann nach den verschiedenen Verwendungszwecken und besonderen Anforderungen zusammengemengt, um nunmehr in große geheizte Werner und Pfleidersche Mischmaschinen oder ähnliche Konstruktionen zu kommen. Hier wird das heiße Bindemittel zugegeben und die Durchmengung solange fortgesetzt, bis ein jedes Korkteilchen einen vollkommenen Überzug vom Bindemittel erhalten hat. Die Erwärmung im Heißmischer hat zugleich den Zweck, die Korkteilchen aufquellen zu lassen, damit einerseits der Stein leicht wird und andererseits spätere Formänderungen bei der künstlichen Trocknung (120—150° C) verhindert werden. Aus der Mischtrommel fällt die Masse in Wagen und gelangt alsdann unter die mit Exzentern, Kniehebeln, Spindeln oder hydraulischen Stempeln arbeitenden Pressen, um hier unter hohem Druck komprimiert zu werden.

Die nach dem Pressen noch zerbrechlichen Steine und Platten werden nunmehr auf Hordenwagen in besonderen Trockenöfen künstlich getrocknet; die letzteren, in der Regel zylindrische Kanalöfen von 20—25 m Länge und rund 1,5 qm Querschnittsfläche, sind nach dem Grundsatze des Gegenstromes konstruiert, d. h. der heiße Luftstrom wird an dem Ende in den Ofen eingeführt, an dem der Wagen mit den fertig getrockneten Steinen den Trockenraum verläßt. Es kommen mithin die frisch eingeschobenen Steine

[1]) Die Dampfentwickelung ist bedingt durch die Einwirkung des 200° C heißen Pechs auf das Wasser des siedend zugesetzten Tonbreis.

[2]) Vergl. Bm. V, S. 326 u. f.

mit bereits abgekühlten und durch den Wassergehalt der noch nicht trockenen Steine feucht gewordenen Luft in Berührung, wodurch ein allmähliches Austrocknen bewirkt und ein Reißen der Steine verhindert wird. Zur Heizung der Trockenöfen dient sowohl Generatorgas als Luft oder Dampf. Die Zeit des Trocknens richtet sich nach der Art und Stärke der Korksteine, wie nach den atmosphärischen Verhältnissen und dauert im allgemeinen $1^1/_2$ Tage.

Falls gefordert, werden die getrockneten Platten in besonderen Räumen asphaltiert, hier etwa 2 cm tief in ein Bad geschmolzenen Asphaltes getaucht und dann langsam abgekühlt; weniger gut geschieht das Asphaltieren der Platte auf der Baustelle. Sollen Platten oder Steine durch und durch mit Asphalt oder ähnlichen Stoffen getränkt werden, so wird entweder, wie dies bei den auf S. 213 (95) bereits beschriebenen Haakeschen Patenten angegeben ist, verfahren, oder das getrocknete Korkklein mit flüssigem Asphalt gemengt, im Rührwerk innig gemischt und als noch heiße Masse in Formen gepreßt.

Ein vollständig wasserdichtes Material stellt auch die Marke „Reform" von Grünzweig u. Hartmann (DRGM. 105872) dar. Diese wird durch Behandeln des Normal-Korksteins mittelst heißflüssigen, reinen Pechs unter Anwendung von Druck in geschlossenen Gefäßen erzeugt. Hierselbst wird das, ein jedes einzelne Korkkorn umschließende, mineralische Bindemittel vollständig wasserdicht gemacht, ohne daß der Korkstein seine Eigenschaft der Wärmebeständigkeit verliert; ein derart hergestellter Stein kann also auch in der Wärme verwendet werden, im Gegensatz zu nur mit in der Wärme erweichendem Pech oder Asphalt gebundenen und dementsprechend nur wasserbeständigen Korksteinen. Je nach der Verwendungsart wird der Stein mehr oder weniger dicht hergestellt, auch in bestimmten Fällen, z. B. zu Unterlagen für Linoleum u. dergl., mit gehobelter Fläche (DRGM. von Grünzweig u. Hartmann) geliefert.

§ 33. Die wichtigeren Eigenschaften des Korksteines[1]).

Die Eigenschaften, welche den Korkstein zu einem Isolationsmaterial ersten Ranges machen, liegen vor allem in seiner sehr geringen Wärmeleitung und seiner Feuersicherheit, alsdann in seinem geringen Gewichte (Raum-Gew. 0,23—0,25), seiner Volumbeständigkeit auch bei höheren Temperaturen (Schwindmaß $^1/_{10}$ %), dem im Verhältnisse zur Wirkung mäßigen Preise, in der Dauerhaftigkeit, in seiner relativ hohen Druck- und Biegungsfestigkeit, endlich in der leichten Bearbeitbarkeit der Steine und Platten.

Über die Größe des Wärmedurchganges bei Korkstein gegenüber anderen Bau- und Isoliermaterialien geben die in der Anmerkung[2]) mitgeteilten Tabellen aus-

[1]) Vergl. hierzu auch § 35, die Prüfung der Korksteine behandelnd.

[2]) 1. Nach Arbeiten des Physikers Péclet (vergl. Bm. I, S. 146) beträgt der Wärmedurchgang bei gebranntem Ton 0,63, bei Gips 0,63, bei Kork 0,14. Diese Zahlen geben die Wärmemenge an, welche in 1 Stunde durch eine Platte von 1 qm Oberfläche und bei 1 cm Stärke hindurchgeht, wenn die beiden Oberflächen eine um 1° C verschiedene Temperatur haben.

2. Untersuchungen von Dr. C. Grünzweig (vergl. Tonind.-Z. 1901, II, S. 1299 u. Gesundheitsingenieur 1886, Nr. 16 und 17).

a) Aufbau- und Ausbau-Materialien. Setzt man zum Vergleiche den Wärmeverlust einer Korksteinplatte von 4 cm Stärke = 1, so ergeben sich für die nachgenannten Materialien die folgenden Vergleichswerte:

1.	Hohler Backstein,	6,5	cm	dick	2,21
2.	Massiver „	6,5	„	„	2,11
3.	„ „	12	„	„	1,65
4.	Hohler „	12	„	„	1,60

reichenden Aufschluß. Aus ihnen ergibt sich, daß Korkstein eines der vortrefflichsten Isolationsmittel ist. Auch lassen die Zahlen erkennen, daß eine sehr erhebliche Ver-

5.	Rheinischer Schwemmstein, 12 cm dick	1,20
6.	Holz, 2½ cm dick, mit dichten Fugen und Rohrputz	1,19
7.	Holz ohne Fugen, 4 cm dick	1,13
8.	Korkplatten, 3 cm dick	1,09
9.	Zwei Bretterlagen mit 3 cm Zwischenraum einschließlich Rohrputz	0,99
10.	Korkplatte, 4 cm stark, mit beiderseitigem Gipsputz	0,85
11.	Korkplatte, 6,5 cm stark, ohne Putz	0,77
12.	Desgl. mit beiderseitigem Gipsputz	0,67
13.	Korkplatten, 12 cm stark, ohne Putz	0,55

b) Dachverschalungs-Materialien und -Ausführungen. Verhältniszahl des Wärmedurchgangs, bezogen ebenfalls auf Korkstein von 4 cm Stärke = 1.

1.	Wellblech, Profil I 25/120 von Hilgers, ohne Schalung	2,92
2.	Desgl. mit dicht anliegenden Profilstücken aus Korkstein, im Mittel 33,5 mm stark	1,18
3.	Falzziegeldach ohne Schalung	2,6
	Desgl. mit Verschalung, 2,6 cm stark, mit offenen Fugen	1,24
4.	„ „ „ „ „ „ geschlossenen Fugen	1,05
5.	„ „ „ durch 2 Bretter von derselben Stärke und einer 20 mm starken Luftschicht	0,85
6.	„ „ 40 mm Korkstein auf Lattung, ohne Putz, Fugen geschlossen	0,78
7.	„ „ 40 „ Korkstein auf Lattung mit beiderseit. Gipsputz	0.64
8.	„ „ 3 Lagen Schalung von je 2,6 cm Stärke, ohne Luftschicht, jedoch mit geschlossenen Fugen	0,64
9.	„ „ Korkschicht von 68 mm Stärke, ohne Putz	0,60
10.	„ „ Korkschicht von 68 „ Stärke, mit Gipsputz	0,54
11.	Pappdach mit Schalung von 2,6 cm Stärke, unterhalb Rohrputz, Fugen geschlossen	1.29
12.	Desgl. mit Schalung von 2,6 cm Stärke mit 40 mm Korksteinbekleidung und Rohrputz, Fugen geschlossen	0,74
13.	Holzzementdach mit 2,6 cm starker Schalung, 4 Papierlagen und 60 mm Kiesschicht, Fugen geschlossen	1,10
14.	Desgl. mit 2,6 cm starker Schalung mit 4 cm starkem Korkstein und Rohrputz, Fugen geschlossen	0,61

c) Als den mittleren Wärmedurchgangs-Koeffizienten hat Dr. Grünzweig für den Korkstein DRP. 68532 durch eingehende Untersuchungen 0,05 Wärme-Einheiten (W.-E.) festgestellt, d. h. 1 qm Korkstein, 1 m dick, verliert in der Stunde und bei 1° Temperaturunterschied zwischen Außen- und Innenfläche nur 0,05 Wärme-Einheiten. Dies ergibt für:

1	qm	Korkstein	3	cm	dick	1,66	W.-E.
1	„	„	4	„	„	1,25	„
1	„	„	5	„	„	1,00	„
1	„	„	6	„	„	0,83	„
1	„	„	8	„	„	0,62	„
1	„	„	12	„	„	0,42	„

Im Gegensatze hierzu ergeben sich die Wärmeverluste eines Ziegel- und Bruchstein-Mauerwerkes zu:

1	qm	Ziegelmauerwerk	12	cm	dick	2,64	W.-E.
1	„	„	25	„	„	1,80	„
1	„	„	38	„	„	1,31	„
1	„	„	51	„	„	1,07	„
1	„	„	64	„	„	0,90	„
1	„	„	90	„	„	0,60	„

1	qm	Quader oder Bruchsteinmauerwerk	30	cm	dick	2,40	W.-E.
1	„	„ „ „	40	„	„	1,90	„
1	„	„ „ „	50	„	„	1,75	„
1	„	„ „ „	60	„	„	1,70	„
1	„	„ „ „	80	„	„	1,30	„
1	„	„ „ „	100	„	„	1,10	„

Der zur Feststellung der unter a) und b) mitgeteilten Werte benutzte Dr. Grünzweigsche Prüfungsapparat ist in Abb. 34a—c dargestellt, entnommen wie die nachfolgende Beschreibung dem Hauptkatalog der Korksteinfabrik Grünzweig und Hartmann zu Ludwigshafen, vergl. auch von Dr. Grünzweig die Abhandlung im Gesundheitsingen. 1886. Nr. 16 u. 17.

größerung der Korkplattenstärke den Wärmedurchgang nicht im Verhältnis der Stärkevergrößerung vermindert, daß es vielmehr zwecklos ist, unnötig starke Korkplatten zu verwenden; andererseits zeigen aber die Tabellen die Wichtigkeit eines Verputzes der Korkplatten, um die in ihnen enthaltene isolierende Luftschicht zu einer wirklich ruhenden auszugestalten.

Für die Bestimmung der Wärmedurchlässigkeit ist vor allem erforderlich, dem zu untersuchenden Objekte längere Zeit hindurch eine konstante Wärmemenge zuzuführen. Man hat alsdann die Wahl, entweder die abgegebene Wärmemenge durch Differenz zu ermitteln (z. B. durch Messung des in einer bestimmten Zeit aus Dampf kondensierten

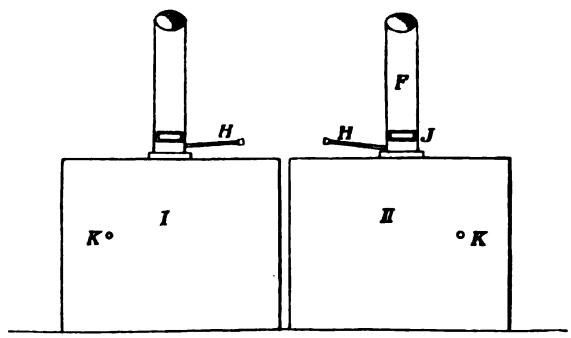


Abb. 34b.

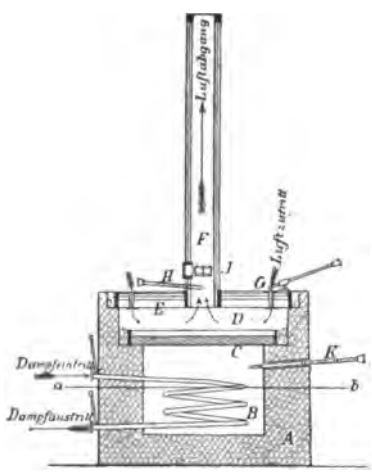


Abb. 34a[1]).

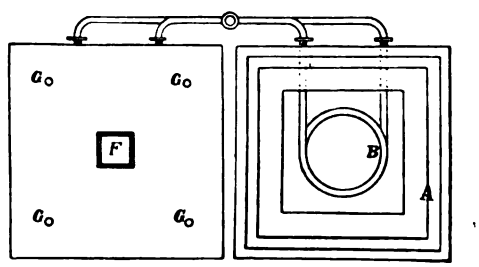


Abb. 34c.

Wassers) oder die durchgegangene Wärme direkt zu messen. Größere Reihen von Versuchen mit Apparaten, deren Einzelheiten hier nicht weiter erörtert werden sollen, und welche nach beiden Prinzipien konstruiert waren, führten zu dem Ergebnisse, daß brauchbare Versuchsresultate nur auf dem letzteren Wege erhalten werden konnten; die endgültige Form des von Dr. Grünzweig[1]) verwendeten Apparates war die folgende: Einer Kammer, deren Wände gegen Temperatureinflüsse so vollkommen als möglich durch schlechte Wärmeleiter geschützt werden, wird durch eine Dampfschlange eine konstante Wärmemenge zugeführt. (Der Heizdampf wurde einem Tag und Nacht im Betrieb stehenden Dampfkessel entnommen.) Die obere Seite dieser Kammer ist durch das zu untersuchende Objekt abgeschlossen. Über dieser Wand befindet sich ein ebenfalls gegen Temperatureinflüsse geschützter Raum, durch welchen eine während jeden Versuches konstante Luftmenge hindurchgeführt wird. Die Wärme, welche durch die Versuchsplatte hindurchgegangen ist, wird an den Luftstrom abgegeben und erhöht dessen Temperatur. Diese Temperaturerhöhung und die anemometrisch gemessene Luftmenge geben die Grundlage zur Berechnung der Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das zu untersuchende Material gegangen ist.

[1]) Vergl. den Schluß der Anm. auf der vorangehenden Seite.

Die Einrichtung des Apparates zeigen die Abb. 34a—c. Die Dimensionen des Apparates sind so bemessen, daß eine Fläche von ca. 0,5 qm auf ihre Wärmedurchlässigkeit geprüft werden kann, so daß Ergebnisse erhalten werden, welche eine unmittelbare Übertragung auf die Praxis gestatten. Zur Anstellung der vergleichenden Untersuchungen dienen zwei vollständig gleiche Apparate I und II. Der Raum, in welchem dieselben sich befinden, ist ebenfalls nach allen Seiten hin gegen Temperatureinflüsse durch schlechte Wärmeleiter geschützt.

A (Abb. 34a) ist eine aus Korksteinen hergestellte quadratische Kammer, welche durch eine kupferne Dampfschlange B mittelst Dampf von ca. 5,5 Atmosphären Überdruck geheizt wird. Als Abschluß der Kammer nach oben dient das zur Untersuchung bestimmte Objekt C. Über demselben befindet sich ein Raum D, welcher mittelst eines Deckels E nach außen abgeschlossen ist; dieser Deckel besteht aus dünnen Papierlagen, zwischen welchen sich Luftschichten befinden. Ein derartiger Abschluß schützt möglichst gegen äußere Temperatureinflüsse und besitzt möglichst geringe Eigenwärme. Es ist dies notwendig, damit er leicht den Temperaturschwankungen der Luft folgen kann, ohne auf den Gang des Versuches störend einzuwirken. Dieser Deckel trägt einen Ventilationsschlot F, dessen Wände ebenfalls aus Papierlagen gebildet sind. Der Lufteintritt erfolgt durch vier an den Ecken des Deckels angebrachten Öffnungen G. Die Temperatur der eintretenden Luft wird durch Thermometer gemessen, welche sich unmittelbar über den Öffnungen befinden. Die Temperatur der abströmenden Luft wird durch ein in dem Ventilationsschlot befindliches Thermometer H gemessen. Sämtliche Thermometer sind in $^1/_{10}{}^0$ geteilt. Zur Messung der durchströmenden Luftmenge dient ein Anemometer J, welches durch eine Öffnung in den Ventilationsschlot hereingebracht werden kann. Die Temperatur im Heizraum wird durch das Thermometer K gemessen.

Der Gang der Untersuchung ist nun folgender: Nachdem der Apparat mit dem zu untersuchenden Objekte beschickt und der Beharrungszustand eingetreten ist, was je nach der Art des Präparates ein- bis dreimal 24 Stunden in Anspruch nimmt, beginnen die Beobachtungen. Der Eintritt des Beharrungszustandes wird ersichtlich, sobald das Thermometer im Heizraum konstante Temperatur zeigt, ebenso die oberen Thermometer gleichmäßigen Gang aufweisen. Während der Dauer eines Versuches, der sich auf ca. 24 Stunden erstreckt, werden ca. 6 bis 10 Ablesungen sämtlicher Thermometer und des Anemometers vorgenommen. Diese Beobachtungen sind bei den geringen Schwankungen während der Dauer eines Versuches, wie Vorversuche ergeben haben, vollständig zur Gewinnung sicherer Resultate ausreichend. Das Mittel dieser gut übereinstimmenden und sich selbst kontrollierenden Beobachtungen wird wie üblich zur Berechnung herangezogen. Es ergeben sich bei einem Versuche folgende Unterlagen:

1. Temperatur im Heizraum,
2. Temperatur der einströmenden Luft,
3. Temperatur der austretenden Luft,
4. Luftmenge.

Daraus läßt sich die Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das Versuchsobjekt hindurchgegangen und an die durch den oberen Raum strömende Luft abgegeben wurde, wie folgt berechnen. Nennt man Q das aus dem anemometrisch gemessenen Luftquantum berechnete Luftgewicht, t und t_1 die Eintritts- bezw. Austrittstemperatur der durch den Ventilationsschlot angesaugten Luft, so ist $Q(t_1 - t) \times 0{,}23741 = W =$ derjenigen Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit an die Luft abgegeben bezw. durch das Versuchsobjekt durchgegangen ist. Für absolute Messungen wäre es notwendig, daß bei den vorstehenden Beobachtungen der Barometerstand, sowie der Feuchtigkeitsgehalt

der Luft mit in Rechnung gezogen würde; außerdem kommt aber noch in Betracht, daß bei den fortwährend wechselnden äußeren Temperaturverhältnissen und dem Einflusse derselben auf den Versuchsapparat die Gewinnung vergleichbarer Zahlenwerte für verschiedene Objekte außerordentlich schwierig, ja geradezu unmöglich wäre. Um sich von diesen Einflüssen unabhängig zu machen, sind für die vergleichenden Versuche zwei gleich gebaute, gleichmäßig arbeitende und in gleichem Raum befindliche Apparate aufgestellt, wodurch die erwähnten störenden Einflüsse ausgeschlossen sind und die Beobachtungen auf die vorstehend genannten beschränkt werden können. Die vergleichende Untersuchung gestaltet sich demnach wie folgt:

Es handelt sich zunächst darum, ein Vergleichsobjekt als Ausgangspunkt zu wählen; hierfür wurde eine 40 mm starke Korksteinplatte gewählt. Außerdem war es notwendig, sich von dem gleichmäßigen Verhalten der beiden Versuchsapparate zu überzeugen. Zu diesem Zwecke wurden dieselben zuerst leer, d. h. ohne die Abdeckung C der Heizkammer, sodann nach Einlage je einer Korksteinplatte bezw. einer Eisenplatte, welche ausgewechselt wurden, untersucht. Diese Versuche haben ergeben, daß die beiden Apparate im großen Ganzen sehr übereinstimmende Werte liefern, daß ferner die im Apparat II erhaltenen Zahlen mit dem Koeffizienten 1,07 zu multiplizieren sind, um vergleichbare Zahlenwerte zu erhalten. Solche Kontrollversuche wurden von Zeit zu Zeit wiederholt und der Koeffizient bestätigt.

Die Versuchsobjekte in der Größe von ca. 0,5 qm sind den Verhältnissen in der Praxis angepaßt. —

Auch in hygienischer und wirtschaftlicher Beziehung sind die Korksteine und -Platten den meisten, oft gebräuchlichen Isolationsmaterialien vorzuziehen[1]); im besonderen zeichnen sie sich aus im Winter durch Zurückhaltung der in den Innenräumen erzielten Wärme — und zwar ohne übermäßige Verwendung von Heizmaterial —, im Sommer durch Kühlhaltung der Innenräume, ohne Benutzung kostspieliger Ventilationseinrichtungen, daneben durch Schalldämpfung bei Wänden und Decken.

Diese Isolierfähigkeit künstlich zu erhöhen, bezwecken die gesetzlich geschützten Rillenkorkplatten der Sächsischen Korksteinfabrik zu Einsiedel bei Chemnitz, darauf beruhend, daß in die eine der Plattenseiten im Querschnitte halbkreisförmige Rillen parallel der Längsachse der Platte und in kurzen Abständen gleichartig verlaufend, eingearbeitet sind. Ähnlich wie bei den auf Seite 187 (69) beschriebenen Wellendielen wird auch hier zwischen der abzuschließenden Fläche und der Korkplatte eine isolierende Luftschicht erzeugt, die je nach Belieben stagnierend oder zirkulierend sein kann.

[1]) Im besonderen erscheinen Korkplatten den im Mauerwerk ausgesparten Luftschichten überlegen. Wie Untersuchungen ergeben haben, ist die Luft — abgesehen von ihrer dauernden Erneuerung von außen her durch die Porosität der Baumaterialien, offene Fugen, Risse usw. — gemäß den Gesetzen des Auftriebs fortwährend in Bewegung, wodurch ein steter Wärmeausgleich an den beiden den Hohlraum begrenzenden Mauerflächen stattfindet. Hierbei vermittelt die Luft auch den Austausch von Feuchtigkeit, indem diese in der wärmeren Zone sich mit der Luft vermengt, um sich in der kälteren wieder niederzuschlagen. Wie Chr. Nußbaum nachgewiesen (DB. 1896, S. 595), zeigt tatsächlich die Luft in den Hohlräumen meist einen sehr hohen Gehalt an Wasserdampf, der sich sogar zu Schwitzwasser verdichten kann (vergl. auch Zeitschrift für die gesamte Kälteindustrie IX. Jahrgang, Heft 4, S. 71). Da weitere Untersuchungen zeigen, daß es unbedingt notwendig ist, ein jedes Isolierungsmaterial vor Feuchtigkeit zu sichern, weil sonst seine Wärmeleitungsfähigkeit erheblich vergrößert wird (vergl. DB. 1897, S. 619, und 1896, S. 595), so erscheint es auch nicht als ausreichend, die Luftschicht mit Isoliermaterial auszufüllen. Jedenfalls wird ein Baumaterial — wie der Korkstein — als Isolator um so günstiger wirken, je weiter er von der Außenfläche der Gebäude entfernt liegt und je weniger Feuchtigkeit er aufzunehmen im stande ist. In letzterer Beziehung sei besonders auf den Korkstein DRGM. 105872 (vergl. S. 214 [96]) verwiesen.

Die Druck- und Biegungsfestigkeit der Korksteine kann im Mittel zu etwa 12—18 bezw. 4—8 kg/qcm angenommen werden. Nach den Ergebnissen der Prüfungsstation für Baumaterialien zu Berlin stellen sich für das Material DRP. 68532 die genannten Zahlen aus je 10 Sonderversuchen auf: im Mittel 17 und 7,2 kg/qcm. Da der Korkstein möglichst leicht herzustellen ist, wird man die Menge des mineralischen Bindemittels naturgemäß auf das mindeste zu beschränken suchen; demgemäß werden auch die Festigkeitszahlen, im besonderen die Zugfestigkeit, des Steines keine hohen sein können; immerhin aber reichen sie für die üblichen Verwendungsstellen und Anwendungsarten vollkommen aus. Als zulässige Druck- und Biegungsspannungen erscheinen die Werte von 3,0 und 1,0 kg/qcm gestattet; es ist alsdann in der Regel noch eine 4—6fache Sicherheit vorhanden.

Sollen selbständige Trage-Konstruktionen aus Korkmaterial hergestellt werden, so ist eine Armierung des Steines mit (Holz oder) Eisen notwendig, im besonderen zur Erhöhung der Zugfestigkeit. Da Versuche in dieser Richtung (angestellt seitens der Firma Grünzweig und Hartmann) zu recht befriedigenden Ergebnissen führten, dürfte die Verwendung armierter Korksteine (DRGM. 164521)[1]) als recht zweckmäßig erscheinen.

Über die Resultate der Probebelastungen, ausgeführt mit Korkstein-Tonnengewölben (DRP. 68532) zwischen I-Trägern gibt die in der untenstehenden Anmerkung[2]) beigefügte Tabelle Auskunft.

[1]) Die Armierung erfolgt hier sowohl mit Holzleisten, als mit Band- und ⊥-Eisen. Die mit Nut und Feder versehenen, in der Regel 3 m langen, 25 cm breiten und 6 cm starken Korkplatten haben bei 1½—2 mm Stützweite und bei 10 mm Durchbiegung je nach der Armierung eine Tragfähigkeit von 500 bis 1000 kg. Sie eignen sich demgemäß, mit einer Überdeckung von Asphalt, Holzzement und dergl. versehen, auch zur Herstellung flacher Dächer.

[2]) Tragfähigkeit von Tonnengewölben aus Korksteinen nach dem DRP. 68532.

Nr.	Stützweite in m	Gewölbestärke cm	Pfeilhöhe cm	Belastung in kg/qm	Einsenkung in mm	Bemerkungen
1	1,24	12,5	9	200	1,00	Gewölbe oben nicht abgeglichen und nicht verputzt. Die Formänderungen verschwanden nach Aufhören der Belastung.
2	„	„	„	400	2,5	
3	„	„	„	840	7.0	
4	„	„	„	500	—	mit 6 mm starkem Kalkmörtelverputz auf der Gewölbeunterseite und ohne Ausgleichung der oberen Fläche, unbedeutende Haarrisse im Verputz.
5	„	„	„	750	2,5	
6	„	„	„	1200	nicht ganz 1,0	obere wagrechte Ausgleichung mit Korkmehl und Kalkmörtel ausgeführt; Unterseite mit Kalkmörtel verputzt.
7	2,47	„	16,5	180	4,00 an d. Bruchfläche, 2,00 im Scheitel	ohne Abgleichung und Verputz; Belastung nur auf einer Gewölbehälfte.
8	„	„	„	354	desgl. 10 bzw. 7	
9	„	„	„	365	an der Bruchfläche 20, im Scheitel 45	Belastung gleichmäßig aufgebracht. Es trat der Einsturz des Gewölbes ein.
10	„	„	33,0	525	im Scheitel 1,5, davon bleibend 1,0	unten und oben mit Gips 6 mm stark verputzt; Gewölbe-Zwickel nicht ausgeglichen. Belastung gleichmäßig verteilt über das ganze Gewölbe; 180 kg waren zum Ausfüllen der Zwickel auf 1 qm notwendig.
11	„	„	„	880	degl. 1,5 bzw. 1,0	
12	„	„	„	1080	desgl.	
13	„	„	„	1280	desgl.	
14	„	„	„	1380	desgl.	

Bezüglich der Feuersicherheit des Korksteines ist durch Versuche und Brennproben wie durch Schadenfeuer festgestellt, daß die Steine und Platten bei höheren Temperaturen nicht reißen, sich ferner, mit der Flamme in Berührung gebracht, mit einer schwammigen Rußschicht überziehen, welche ein Weitergreifen der Flamme verhindert[1]). Auch schließt das mineralische Bindemittel ein Weiterglimmen nach Entfernung der Flamme aus. Einen guten äußeren Schutz erhält der Korkstein zudem durch einen Überzug mittelst eines (in der Regel sehr fest haftenden) Gipsputzes[2]). Überhaupt verbindet sich der Korkstein, worin sich sein Steincharakter zeigt, sehr gut mit einer jeden Art von Mörtel, sowohl beim Vermauern als beim Verputzen.

In Wasser gelegt, wird der Stein, ohne allerdings seinen Zusammenhang zu verlieren, infolge seines starken Porengehaltes von ersterem vollkommen durchdrungen, trocknet aber ohne jede Volumen- und sonstige Veränderung an der Luft wieder vollkommen aus.

Korksteine lassen sich — ähnlich wie Holz — leicht und mit den entsprechenden Werkzeugen bearbeiten, also sägen, schneiden, nageln, bohren usw.; hierbei ist das Material infolge seiner großen Elastizität einem Reißen, Springen oder dergl. nicht ausgesetzt.

Die Farbe des Korksteines ist vorwiegend durch die Art seines Bindemittels bedingt und schwankt zwischen einem helleren Grau und kräftigem Braunschwarz; sie ist um so heller, je mehr tonige Beimengungen vorherrschen, und wird dunkler mit dem größeren Gehalte an Pech, Asphalt und dergl.

Seine Verwendung findet der Korkstein — wie z. T. aus den vorstehenden Ausführungen bereits hervorgeht — besonders zur Verschalung und Isolierung von Dächern aller Art, desgleichen zur Isolierung der Außenwände von massiven und Fachwerksbauten, von Wellblechgebäuden, zur Trockenlegung feuchter Wände, zur Verkleidung von Zwischenwänden, wie zur Herstellung leichter, freitragender Scheidewände, weiter für Fußböden und Zwischendecken, als Fußbodenbelag (besonders als Unterlage für Linoleum und Teppichbekleidung), zu Gewölbe-Bauten und -Isolierungen, zur Sicherung von Eisenkonstruktionen aller Art gegen Feuersgefahr, zur Anlage von Kühlhallen[3]), Kellern und dergl., ferner als ein Hauptkonstruktionselement im Barackenbau sowie in Verbindung mit Eisen zu freitragenden Decken usf.

Weiter findet Korkstein in Form von Halbschalen zu Ummantelungen von Rohren Anwendung und zwar in der Regel in Stärken von 25—60 mm und Durchmesser von 17—170 mm; bei noch größerem Durchmesser werden Segmentringe bevorzugt. Auf Dampfrohre, welche Dampf unter 2 Atm. Druck führen, pflegt man die Korkschalen auf die Rohre ohne besondere Zwischenschicht aufzubringen, darüber hinaus bis zu 6 Atm. durch Aufschleifen mittelst einer Unterstrichmasse anzubringen, über 6 Atm. jedoch mit einer Asbestmasse oder dergl. zu unterlegen.

---

[1]) Hiermit stimmt das Urteil des Preisgerichts über Feuersicherheit von Baukonstruktionen — Berlin 1893 — vollkommen überein (Verlag von Julius Springer, 1893, S. 36). Hierin ist das Material als durchaus feuersicher bezeichnet, da es nicht mit heller Flamme brennt, sondern nur und zwar ausschließlich an den vom Feuer getroffenen Stellen schwelt, letztere Erscheinung auch mit Ablöschung des Feuers sofort aufhört. — Gleich gute Resultate für den Korkstein haben auch die vergleichenden Versuche über die Feuersicherheit von Speicherstützen, seitens des Hamburger Senats veranlaßt, ergeben. Vergl. den Kommissionsbericht, erstattet im Auftrage des Hamburger Senats, Verlag von Otto Meißner, Hamburg 1895, S. 25—27.

[2]) Die Marke Reform hielt z. B., mit Gips beiderseits verputzt, eine 2—3stündige Erhitzung durch Stichflammen von 900—1000° C aus, ohne daß der Putz abfiel. Der Korkstein selbst war im Inneren verkohlt.

[3]) Vergl. u. a. Zur Technik der Kälte-Industrie von Grünzweig & Hartmann-Ludwigshafen.

Für Temperaturen bis 150° C sind die Schalen wie normale Korksteine hergestellt, während für höhere Temperaturen sowie solche unter 0° wasser- und wärmebeständige Materialien, z. B. Marke Reform, Verwendung finden; für Kühlröhren werden zudem auch sogen. Eisschalen angewandt, welche durch Sättigung mit Asphalt und möglichst luftdichte Pressung besonders widerstandsfähig sind. Die Befestigung der Schalen findet durch kreuzförmig sie verbindenden, verzinkten Eisendraht derart statt, daß eine Drehung nicht mehr möglich ist. Um die Luftschicht in den Schalen zu einer vollkommen ruhenden auszugestalten, werden diese bei heißen Röhren mit einer Gipsschicht, bei Kühlröhren mit Asphaltkitt etwa 5 mm dick überzogen.

Die üblichen Abmessungen und mittleren Gewichte der Steine und Platten sind:

a) Normalformat 25 . 12 . 6,5 cm; Gewicht 500 g (es gehen mithin etwa 18000 Stück Steine auf einen Doppelwaggon).

b) Platten:

Grundriß-Abmessungen 100 . 25 cm [1]).

Stärke	(1,5)	(2)	3	4	5	6	(8)	(10) cm
Gewicht für 1 qm	3,8	5,0	7,5	10	12,5	15	20	25 kg

Seltenere Formate sind: 25 × 24, 25 × 45, 50 × 25, 20 × 30, 60 × 25, 25 × 90 cm bei geringerer Stärke.

Auf eine Doppelladung von 10000 kg können an Korkplatten geladen werden:

bei einer Stärke von	6	5	4	3 cm
	600	700	800—1000	1000—1200 qm.

§ 34. Besondere Abarten von Korksteinen.

Als besondere Abarten der normalen Korksteine sind zu nennen:

1. Korkment, ein in seiner Zusammensetzung nicht bekannt gegebenes, auf Jute aufgewalztes Korkplatten-Linoleummaterial [2]), das in Bahnen von 200 cm Breite und in beliebiger Länge hergestellt wird und als elastischer Unterboden für Linoleum Verwendung findet. Zum Aufkleben auf den Holz- oder Betonboden dient ein Harz-Kopal-Lack; hierbei wird die Oberseite des Korkments nach unten, die Jute nach oben gelegt, um mit der ebenfalls durch Jute gebildeten Unterseite des Linoleums eine gegen Eindrücke von oben widerstandsfähige Platte zu bilden. Die 4—4½ mm starke, wenig Fugen aufweisende Unterlage zeichnet sich durch große Elastizität, Schalldämpfung und schlechte Wärmeleitung aus.

2. Infusoritkorkplatten. Dieselben bestehen aus Korkteilchen, Infusorienerde und Bindemitteln verschiedenster Art — ähnlich dem der normalen Korksteine; sie sind besonders leicht und gut isolierend. Hierher gehören auch Korkschalen mit einer inneren Kieselgurausfütterung.

3. Papierkorksteine [3]). Das sehr leichte, unter Verwendung von Papierabfällen und Kork in Form von Steinen (Normalformat 25 . 12 . 6,5 cm) und Platten hergestellte Baumaterial ist verwendbar für Isolationsschichten, leichtere Zwischendecken und dergl. Nach Untersuchungen der Chemnitzer technischen Staatslehranstalten beträgt das spez. Gewicht des Materials 0,245, das Gewicht eines trockenen Normalsteines 480 g,

[1]) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten, daß die Abmessungen seltener zu finden sind.

[2]) Hergestellt von der Linoleumfabrik Maximiliansau.

[3]) Von H. R. Knoch in Alt-Chemnitz.

die Druckfestigkeit 10—14,3 kg/qcm; hierbei lassen sich die Steine auf 1/3 ihrer Höhe zusammenpressen, um nach Aufhören des Druckes wieder fast genau auf die alte Höhe zurückzugehen. Die Wärmeleitung der Steine ist eine mäßige, ihre Bearbeitung mit Holzwerkzeugen eine leichte.

4. Korkpflaster[1]). In London und Wien haben Korksteine zur Straßenpflasterung Verwendung gefunden; sie werden hergestellt aus gekörntem Kork, mineralischem Asphalt und anderen kohäsiven Stoffen; das Pressen der Blöcke erfolgt unter starkem Druck in den gewünschten Abmessungen. Als Vorteile des bisher wenig angewandten Korkpflasters werden genannt: seine Reinlichkeit, Dauerhaftigkeit, Elastizität, Geräuschlosigkeit sowie die geringen Herstellungs- und Unterhaltungskosten. Zudem verhindert das Pflaster sowohl im trockenen wie im feuchten Zustande ein Ausgleiten, absorbiert (im Gegensatze zum Holzpflaster) keine Feuchtigkeit und ist demgemäß auch ohne Geruchsbelästigung. Auch hat an sehr stark befahrenen Stellen (z. B. in London, bei der Great Eastern-Station) das Plaster innerhalb von mehreren Jahren nur die geringe Abnutzung von 3 mm gezeigt. Die fertigen Blöcke werden in Steinkohlenteer getaucht und auf einer (12 cm starken) gut abgebundenen Betonschicht versetzt[2]).

§ 35. Die Prüfung des Korksteinmaterials[3]).

1. Die Prüfung erstreckt sich naturgemäß zunächst auf die Bestimmung des Raumgewichtes (0,47—0,56), des spezifischen Gewichtes (0,23—0,25), des Gefüges und der Bruchfläche, ferner auf die Ermittelung der Druck- und Biegungsfestigkeit. Die Druckfestigkeit wird an Steinen zwischen ebenen Eisenplatten ohne Abgleichung der Korkflächen, die Biegungsfestigkeit an frei auf zwei Schneiden liegenden Stäben oder an, in der Mitte belasteten Platten bestimmt und zwar zweckmäßig bei verschieden hohen Temperaturen der Platten.

Die Versuche mit einer ganzen Anzahl von Proben verschiedener Herstellung und Herkunft haben gezeigt, daß die Festigkeitsverhältnisse im allgemeinen in engeren Grenzen schwanken. Eine völlige Zerstörung durch Druck ist kaum zu erreichen, da die Steine sich unter der Druckfläche stark verdichten und höchstens seitlich ausbauchen und einreißen. Als untere und obere Grenzwerte der Druckfestigkeit, festgestellt an Steinen von der Normalform und an Würfeln, sind 9 und 17 kg/qcm, desgl. bezüglich der Biegungsfestigkeit und Normalform 2,2 und 8,2 kg/qcm durch Untersuchungen der Berliner Prüfungsanstalt ermittelt worden.

2. Die Zusammendrückbarkeit. Die ausgeführten Versuche zeigen, daß für die Zusammendrückbarkeit der Korkplatten keineswegs das Verhältnis der gedrückten Fläche zur Dicke der Platten entscheidend ist, sondern daß die Dicke der Platten den wesentlichsten Einfluß besitzt; auch ist die Zusammendrückbarkeit vom Bindemittel fast gar nicht, hingegen zum Teil von der Art des Korkmaterials und dessen Korngröße abhängig. Die Größe der Zusammendrückung in Hundertteilchen der ursprünglichen Höhe

[1]) Vergl. H. Z. 1896, S. 48, Dinglers polyt. Journ., Bd. 303 (1897), S. 24, Bm. I, S. 279.

[2]) Das Pflaster erinnert bezüglich seiner Eigenschaften an das in Amerika und auch in England aus Kautschuk hergestellte, allerdings sehr teure Pflaster. Auch diesem Material wird nachgerühmt, daß es bei größerer Zähigkeit und Elastizität sehr dauerhaft und geräuschlos ist. In England wurden mit sehr gutem Erfolge Platten von rd. 30 cm Breite, 1 m Länge und 5 cm Stärke verwendet. — Vergl. Bm. I, S. 279.

[3]) Vergl. B. M. 1901 S. 45, von M. Gary.

bei Plattenstärken von 4,2 und 7,0 cm unter verschiedener Pressung zeigt die nachstehende Zusammenstellung:

Pressung in kg/qcm	Plattenstärke 4,2 cm	7,0 cm	7,0 cm	
1000	26,6	2,6	6,9	Hundertstel Teile der ursprünglichen Stärke
2000	50,7	14,5	28,3	
5000	66,4	46,7	56,6	
10000	73,1	61,6	66,7	

3. Das elastische Verhalten. Hier ist zu untersuchen, inwieweit die Korkplatten unter wachsendem Drucke eine dauernde oder eine nur elastische, nach Aufhören des Druckes wieder verschwindende Formänderung zeigen. Diese Frage erscheint praktisch wichtig, z. B. im Brückenbau für die Verwendung von Korkplatten als Unterlagsmaterial für Schall- und Stoßabdämpfung und dergl. Der Versuch ist in der Art auszuführen, daß man die Korkplatten, zwischen Eisenplatten liegend, belastet und die verschiedensten Zusammendrückungen hierbei sowie nach Aufhören der Belastung mißt. Die angestellten Versuche haben ergeben, daß bei härterem Korkmaterial die Zusammendrückung angenähert proportional der Last ist, daß jedoch bei weichen, meist unter geringerem Drucke hergestellten Steinen und Platten die Zusammendrückung mit steigernder Last stärker zunimmt, daß ferner die Platten 24 Stunden nach Aufhören der Belastung und bei einer Beanspruchung bis zu 57 kg/qcm die vor dem Versuche vorhandene Höhe wieder erreichten; man wird mithin Korkplatten für Zwecke wie die oben genannten bis zu einem Drucke von 30 kg/qcm einwandfrei benutzen können.

4. Das Wasseraufnahme-Vermögen. Die Untersuchung hat sich zu erstrecken auf: a) die Einsaugefähigkeit der auf dem Wasser schwimmenden Platten, b) die Verhältnisse beim Sättigen der Platten, im besonderen das Verhalten des Bindemittels und die Volumenbeständigkeit des Materials, c) die Art der Austrocknung des Steines. Die ausgeführten Versuche (sowie praktische Erfahrungen) zeigen, daß Korksteinplatten je nach Art der Herstellung (im besonderen des Bindemittels) und Behandlung mehr oder weniger hygroskopisch sind; falls die einzelnen Teilchen nicht sämtlich mit einem wasserundurchlässigen Überzuge versehen sind, so nehmen die Steine schon an der Luft Wasser auf, und zwar unter normalen Luftverhältnissen 4,9 v. H. (die hellen Sorten) bis 1,9 v. H. an Gewichts-, bezw. 1,2 bis 0,4 v. H. an Raumteilen.

Vor Einleitung des Versuches sind die Steine demgemäß bis zur Lufttrockenheit zu trocknen; hierbei ist bei den Asphalt, Pech, Teer oder dergl. als Bindemittel zeigenden Steinen darauf zu achten, daß die Trockentemperatur nicht 45° C überschreitet, da sonst ein Erweichen des Bindemittels eintreten kann. Die Gewichtsgleichheit ist meist erst nach einigen (3) Tagen vorhanden.

Die auf dem Wasser schwimmenden Steine sollen sich von den Berührungsflächen her nur wenige Millimeter mit Wasser vollsaugen; hier tritt der Beharrungszustand erst nach etwa 1000 Stunden oder noch später ein. Das Raumgewicht, mithin also auch die Eintauchtiefe, ist ohne Einfluß auf die Geschwindigkeit der Wasseraufsaugung und Wassermenge; vorwiegend spricht hier das Kittmittel und die Art der Verkittung der Korkteilchen mit. Unter Wasser soll sich der Stein sättigen, ohne jedoch seinen Zusammenhang irgendwie zu verlieren, oder beim nachherigen Trocknen Veränderungen zu erleiden. Die Wasseraufnahme zeigt — nicht entsprechend den verschiedenen, zwischen 0,47 und 0,56 liegenden Raumgewichten — die erheblichen Schwankungen zwischen 36 und 114 v. H. des Trockengewichtes.

5. Die Feuersicherheit und das Verhalten des Materials bei Wärme. Wie schon auf Seite 220 (102) besprochen, ist Korkstein ein die Weiterverbreitung des Feuers nicht begünstigender Baustoff, im besondern wenn die einzelnen Korkstückchen mit mineralischen Teilchen verbunden und umhüllt sind. Über die Art des in größerem Maßstabe auszuführenden Brennversuches[1]) vergl. S. 124 (6), desgleichen über die Erprobung der Wärmeleitung die auf S. 216 (98) u. flgd. mitgeteilte Prüfungsmethode.

6. Das Schwindmaß des Steins wird durch Einschlagen eiserner Stifte in den Stein und genaue Ablesung vor deren Entfernung während des Erwärmens des Steines bestimmt; zu diesem Zwecke wird der vorbereitete Stein in Luftbäder von 80, 100, 120, 140 und 160° C gebracht und in entsprechenden Zeitabschnitten die Entfernung der Stifte gemessen. Die ausgeführten Versuche haben ergeben, daß eine ziemlich lange Zeit (mehrere Stunden) notwendig ist, ehe der Stein auch in seinem Innern auf die Temperatur der umgebenden Luft gebracht ist[2]). Als Schwindungskoeffizient der Masse ist hierbei 0,8—2,1 v. H, in linearer Beziehung 0,4—0,5 v. H. bestimmt worden.

—

Kapitel X.

Künstliche Steine aus Asphalt.

§ 36. Asphaltsteine und Asphaltplatten.

Das Rohmaterial zur Herstellung künstlicher Steine und Platten aus Asphalt wird durch Asphaltpulver, Mastix oder Goudron gebildet. Seine Gewinnung, Zusammensetzung, sowie seine wichtigsten Eigenschaften und deren Prüfung werden in Heft V ausführlich besprochen; hier handelt es sich nur um die Bildung der verschiedenartigsten Kunststeine und Platten aus Asphalt selbst oder unter Verwendung dieses als Bindemittel.

Asphaltpflastersteine werden entweder einheitlich a) durch Vermengung eines Steinmaterials mit Asphalt in verschiedenster Form, nicht selten auch unter Zusatz besonderer bitumenähnlicher Stoffe hergestellt, oder b) aus zwei durch Pressung fest vereinigten Schichten, meist einer Beton- und einer Asphaltlage, zusammengesetzt.

a) Der ersten Herstellungsart zugehörend erscheinen erwähnenswert:

1. Der Steingrusgranitasphalt von Richter in Straßburg.

Naturasphalt wird mit gemahlenem Granit und Steingrus unter Zusatz von Bitumen zu einem Brei gekocht und auf eine von Beton gebildete Unterlage aufgegossen. In die heiße Masse werden Steinprismen hineingedrückt und die Zwischenräume zwischen ihnen mit einer zweiten Asphaltmasse, die größere Steinbrocken enthält, ausgegossen. Sind die Prismen von dieser Masse vollkommen bedeckt, so wird die Oberfläche geebnet. Es bildet sich eine steinharte, nicht brüchige, noch wasserdurchlässige Pflastermasse.

2. Asphaltsteinmasse DRP. 65847[3]).

Fein zerkleinerter Asphalt oder ein ähnlicher bituminöser Körper wird im kalten

---

[1]) Derartige Versuche mit Korksteinplatten usw. sind im Jahre 1893 seitens der Berliner Feuerwehr ausgeführt worden; sie haben ergeben, daß Korkstein durchaus feuersicher ist, daß aber sein Verkohlen das Entstehen nicht atembarer Gase bewirkt.

[2]) So brauchten z. B. stubenwarme Steine, in Lufttemperatur von 80° C gebracht, 5½ Stunden, bis ihr Inneres auf 75° C erwärmt war.

[3]) Von R. Huppertsberg-Berlin und K. Trobach-Pankow.

Zustande mit mineralischen Bindemitteln (Kalk, Gips, gebranntem Dolomit, Magnesit, Magnesiaoxychlorid) und Wasser, sowie Sand, Quarzpulver u. dergl. vermischt. Die infolge des Abbindens erzeugte Wärme wird ausgenutzt, um das Bitumen zum Schmelzen zu bringen und das sonst übliche Erhitzen zu ersparen.

3. Nach dem DRP. 104198[1]) wird zunächst ein künstlicher Asphalt durch heiße Mischung von Petroleumrückständen mit Kalkstein oder dergleichen und Oxydation der Masse mittelst durchgeblasener Luft erzeugt. Zu diesem Zwecke wird Kalkstein gepulvert und mit dem genannten Rückstande in drehbaren Retorten gemischt und erhitzt. Durch letztere wird Druckluft solange hindurchgeblasen[2]), bis die Mischung den notwendigen Grad von Zähigkeit erhalten hat.

4. Das DRP. 117758[3]) stellt Asphaltsteine durch Übergießen des getrockneten Steinmaterials mit einem Asphaltbitumen dar, welches durch Kohlenwasserstoffe zu einer leichtflüssigen Masse aufgelöst ist. Beim Durcharbeiten der Masse überzieht sich ein jedes Teilchen des Steinmaterials mit einer dünnen, bituminösen Schicht, die nach Verflüchtigung des Kohlenwasserstoffes fest an den Steinkörpern haftet. Das so vorbereitete Steinmaterial wird alsdann mit erwärmtem Asphaltmehl gemengt und durch hohen Druck verdichtet.

5. Nach dem DRP. 104194[4]) wird der natürliche Asphaltstein dadurch nachzuahmen gesucht, daß kohlensaurer Kalk in so feiner Verteilung chemisch erzeugt wird, daß dessen kleinste Teilchen von dem zugesetzten Bitumen gleichmäßig umhüllt und sehr fest gebunden werden. Um den fein verteilten kohlensauren Kalk herzustellen, wird Calciumoxydhydrat in großen Behältern mit Wasser zu dünnem Kalkbrei angemengt und durch diese Masse Kohlensäure oder kohlensäurehaltige Luft so lange gepreßt, bis sich alles Kalkoxydhydrat in kohlensauren Kalk umgewandelt hat, der sich auf dem Boden ablagert.

6. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika sind Asphaltpflastersteine vielfach im Gebrauche. Als Steinmaterial wird hier — zweckmäßig — meist Basaltschotter verwendet, welcher mit wenig Kalksteinpulver vermengt durch einen besonders hergestellten Asphaltzement gebunden wird. Der letztere besteht aus mittelst überhitzten Dampfes von konstanter Temperatur gereinigtem Asphalt, sowie aus schwerem Petroleum von 18—22° Bé, einem Entflammungspunkte von über 176° C und ohne merklichen Gehalt an Stoffen, die unter 121° sieden. Asphaltpulver und Petroleum werden zunächst in der Wärme gemengt und hierauf mit Kalksteinpulver und Basaltschotter vermittelst mechanischer Rührwerke bei 176° C innig gemischt und bei letzterer Temperatur stark gepreßt. Die in Wasser langsam abgekühlten Steine sind zum Gebrauche sofort fertig[5]).

b) Kunstasphaltsteine, aus zwei Schichten zusammengesetzt. Als Herstellungsweisen seien erwähnt:

1. Nach dem englischen Patente 18714 (vom Jahre 1896) wird gepulvertes Gestein von Felshärte und rauhem Äußern mit einem Bindemittel aus Portlandzement, hydraulischem Kalke, Traß u. dergl. unter Erwärmung vermengt und noch dampfend

---

1) Das sog. Haywardsche Verfahren, pat. vom 14. September 1898.

2) Die Luft wird durch die hohle Drehachse zugeleitet und tritt aus den an dieser befestigten hohlen Rührarmen aus, kommt also in sehr innige Berührung mit den geschmolzenen Massen.

3) Von B. Löhr, pat. vom 7. Juni 1899, vergl. Tonind.-Z. 1901, S. 427.

4) Von Rauschenbusch, pat. vom 17. Februar 1898.

5) Vergl. Köhler, Die Chemie und Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte S. 191, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1904.

in Formen gebracht. Alsdann fügt man eine obere Schicht heißes Asphaltpulver hinzu und vereinigt beide Materialien durch eine Presse von 300 Atm. Betriebsdruck. Nach dem Herausnehmen aus der Form binden die Steine unter einem Wassersprühregen bis zu großer Härte ab.

2. Das DRP. 75129[1]) stellt Kunstasphaltsteine durch Pressung einer Schicht von getrocknetem, erwärmtem Asphaltpulver mit einer Schicht erdfeuchten Zementbetons her und zwar vermittelst hydraulischer, allmählich wirkender Pressen von 150 Atm. Höchstdruck. Das mehrfach in rheinischen Städten angewandte, auch unter dem Namen Diplolith eingeführte Pflaster, soll sich gut bewährt haben.

3. Nach dem DRP. 146289[2]) werden die ein sehr verschiedenes, elastisches Verhalten zeigenden Beton- und Asphaltschichten nicht unter dem gleichen Druck gepreßt, sondern eine jede für sich hergestellt. Während hierbei der Betonteil einem möglichst hohen Drucke ausgesetzt wird, um eine große Festigkeit und Dauerhaftigkeit zu erreichen, wird die Asphaltdecke durch eine bei weitem schwächere Pressung gefestigt. Beide Schichten werden alsdann durch ein wasserdichtes Asphaltklebemittel miteinander derart verbunden, daß beide Stein- (oder Platten-)hälften zu einem festen, aber doch willkürlich trennbaren wasserdichten Körper verbunden sind.

Die Druckfestigkeit der künstlichen Asphaltsteine ist annähernd die eines sehr guten Mauersteines; so haben Prüfungen der Asphaltsteine der Firma Busse, Linden-Hannover, z. B. bei den mit Basalt bezw. Kalkstein hergestellten Asphaltsteinen Druckfestigkeiten an der Luft, sowie unter Wasser von (bei Basalt) 171,7 und 130,1 bezw. (bei Kalkstein) von 162,2 und 129,6 kg/qcm ergeben.

Die Abmessungen der Steine sind meist denen der Naturpflastersteine angepaßt[3]).

Asphaltplatten[4]), welche sich für Zwecke des Straßenbaues heute einer immer steigenden Beliebtheit erfreuen, werden entweder aus erhitztem Asphaltpulver und einem in der Regel geheim gehaltenen Bindemittel oder aus Gußasphalt gebildet. Die gut gemischte, erwärmte Masse wird unter sehr hohem Drucke zu Platten von 20 × 20 bezw. 25 × 25 cm Grundfläche und beliebiger Stärke, je nach Bestellung auf Millimeter genau, gepreßt; beliebte Stärken sind 2, 2,5, 3, 4 und 5 cm[5]).

Die mit glatter oder geriffelter Oberfläche gelieferten Platten zeigen eine außerordentlich große Dichtigkeit; sie sind sowohl wasserundurchlässig als auch wasserabweisend, dabei im Frost vollkommen volumenbeständig und unveränderlich und von ausreichendem Widerstande gegen Abnutzung.

Die Platten finden in ihren geringeren Stärken auf nur wenige Zentimeter starker, gut abgeglichener Betonschicht Verwendung bei Bürgersteigen, Bahnsteigen, in Bahnhofshallen, wirtschaftlichen Gebäuden aller Art als Fußböden[6]) usw., desgleichen in größeren Stärken von 4 und 5 cm für Fahrdammbeläge auf einer 15—20 cm hohen Betonschicht. Infolge ihrer wenig glatten Oberfläche können die Platten hier bis zu Steigungen von

[1]) Von B. Löhr, pat. vom 21. Oktober 1892.

[2]) Von E. Röhming, pat. vom 21. Februar 1902.

[3]) Naturgemäß können aus den oben genannten Materialien und in derselben Herstellungsweise auch jederzeit Platten für Fußsteigbefestigungen usw. hergestellt werden.

[4]) Vergl. u. a. ZdB. 1902, S. 44.

[5]) Diesen Stücken entspricht ein Gewicht für 1 qm von 2,8, 3,4, 4,00, 5,56, 6,89 kg bei den Gußasphaltplatten der Hannoverschen Asphaltsteinplattenfabrik von F. Tonnar zu Sehnde Prov. Hannover.

[6]) Hierzu sind die Platten besonders geeignet wegen ihres hohen Schutzes gegen Feuchtigkeit, Pilzbildungen, Hausschwamm usw., wegen der Geräuschlosigkeit des Verkehrs, der Einfachheit der Reinhaltung usw.

1 : 40 verwendet werden; sie zeigen, gut verlegt, keinerlei Veränderungen weder unter Einwirkung der rollenden Last, noch durch Sonnenbestrahlung oder starke Kälte. Auch im Anschlusse an Straßenbahnschienen haben sie sich gut bewährt, im besonderen keine erhebliche Abnutzung längs der Schienen gezeigt. Auch bieten die Platten Vorteile als elastische Unterlagen der Schienen von Straßenbahnen, indem die Stöße auf eine Mindeststärke herabgemindert und hierdurch der Oberbau, die Bettung, sowie die anschließende Fahrbahnbefestigung geschont werden.

Als Straßenbaumaterial sind die Asphaltplatten gegenüber der Verwendung von Stampfasphalt im Vorteil durch ihre größere Pressung und die vollkommene Gleichartigkeit ihres Materials, den Fortfall jeglicher Geruchsbelästigung bei Herstellung der Fahrbahn, durch Wiederbenutzung der umzulegenden Platten, durch die Vereinfachung der Reparaturen, im besonderen wegen der Möglichkeit, sich mit neuen Platten an die Stärke bereits abgenutzter genau anschließen zu können, endlich durch Verhinderung einer Wellenbildung auf der Straßenoberfläche usw. Auch stellt sich der Preis der Platten nicht höher als derjenige für Stampfasphalt.

Die Platten sind auf der wasserundurchlässigen, vollkommen abgebundenen und durch eine Zementschicht genau abgeglichenen Unterbettung dicht geschlossen nebeneinander zu verlegen und die Fugen mit heißem Asphaltmehl, Goudron oder noch besser mit Zementmilch zu dichten.

Die Prüfung der Asphaltplatten[1]) hat sich neben den normalen Versuchen im besonderen auf den Widerstand der Platten gegen Eindrücken einer Last bei verschiedenen Temperaturen (— 12°, + 18 bis 20°, + 40°, + 60°, + 80° C) zu erstrecken. Zu diesem Zwecke werden die Platten durch Stahlstempel (in Berlin von 4,2 cm Durchmesser, also 13,85 qcm Druckfläche) belastet und die Grenzen festgestellt, bei denen ein erster sichtbarer Eindruck auf der Platte stattfindet und der Eintritt der ersten Risse erfolgt. — Die Stärke der 20 × 20 bezw. 25 × 25 cm großen Versuchsplatten ist hierbei in der Regel 5 cm, entsprechend der meist üblichen Stärke des Asphaltbelages der Stampfasphaltstraßen.

Aus den Untersuchungen der Berliner Prüfungsanstalt ergeben sich die folgenden Grenzwerte:

$$r = 2{,}18 - 2{,}25;\ s = 2{,}22 - 2{,}39;\ d = 0{,}923 - 0{,}996.$$

Widerstandsfähigkeit gegen Eindrücke:

Temperatur:	— 12° C	+ 20° C	+ 40° C	+ 60° C	+ 80° C[2]).
Spannung an der Plattenoberfläche beim ersten sichtbaren Eindruck in kg/qcm	144 bis 433	21 bis 152	14 bis 167	7 bis 68	5 bis 12
Desgleichen beim Eintritt der ersten Risse in kg/qcm	325 bis 581	114 bis 283	60 bis 209	47 bis 170	38 bis 56

Die Grenzwerte der Abnutzung ergaben sich zu 33,4 und 9,8 ccm, der Mittelwert zu etwa 17,0 ccm.

Die Biegungsfestigkeit wurde nur bei zwei Proben zu 18,8 bezw. 69 kg/qcm bestimmt.

Eine Wasseraufnahme der Platten fand, wie mehrfache Versuche ergaben, überhaupt nicht statt.

[1]) Vergl. B. M. 1897, Heft I, S. 740 u. figd., und B. M. 1903, Heft V/VI, S. 268 figd.

[2]) Es liegen bei 80° nur wenige Versuche vor.

Kapitel XI.

Kunststeine aus Glas.

§ 37. Glasbausteine.

Während das Glas nebst seiner Herstellung, seinen wichtigeren Arten, Eigenschaften und seiner Prüfung ausführlich in Heft VI zur Besprechung gelangt, sollen hierselbst nur die aus ihm verfertigten Bausteine und Fußbodenplatten behandelt werden. Hier sind zu unterscheiden volle und hohle Glasbausteine, sowie solche aus entglastem Rohmaterial.

Von den vollen Steinen sind in erster Linie Nachbildungen der normalen Mauersteine, in zweiter Linie Nachahmungen der verschiedensten Formen der Ton- und Zementdachziegel, ferner Glasfliesen und Pflasterplatten zu nennen. Während die erste Art — die massiven Glasmauersteine — wegen ihres großen Gewichtes und hohen Preises, sowie der geringen Lichtdurchlässigkeit heute wenig mehr in Anwendung und durch Hohlsteine fast gänzlich verdrängt sind, stellen gläserne Dachziegel ein ebenso zweckmäßiges wie gesuchtes Baumaterial vor. Sie werden zu fast allen verbreiteten Dachziegelarten genau passend geliefert, kommen also als Biberschwänze, Pfannen, Hohlziegel in den verschiedensten Arten der Strang- und Falzziegel usw. in den Handel[1]). Da sie in Form und Abmessungen sich genau den Vorbildern aus Ton oder Zement anschließen, so können sie an beliebiger Stelle des Daches, ohne irgendwie auf den Verband störend einzuwirken, Verwendung finden und die nicht lichtdurchlassenden Ziegel ersetzen. Es wird dadurch — ohne eine erhebliche Preissteigerung und unter Sicherstellung vollkommenster Dichtheit des Daches — an ganz beliebiger Stelle ein zerstreutes, selbst bei Sonnenlicht nicht zu grelles Licht in den Dachraum geworfen. In der Regel genügen 4—6 Glasziegel neben- und übereinander eingedeckt, um eine quadratische Fläche von 10 m Seitenlänge so zu belichten, daß alle einfacheren Arbeiten auf derselben vorgenommen werden können. Von besonderem Vorteil sind die Glasdachziegel für tiefe niedrige Schuppen, in denen man die Fenster nach Möglichkeit ersparen kann.

Fußboden-, Oberlicht- und Wandbekleidungsplatten aus Hartglas kommen in den verschiedensten Größen, meist jedoch in den Abmessungen 16 . 16 . 2, 16,5 . 16,5 . 2, 17 . 17 . 2, 20 . 20 . 3 cm in den Handel. Um größere Biegungsfestigkeit zu erhalten, zeigen sie auch — im besonderen bei Verwendung zu stark belasteten Oberlichtplatten — ein Drahtgewebe, nach Art des Drahtglases, welches die sonst nur in geringer Höhe gestatteten Zugspannungen aufnimmt und demgemäß nahe der Plattenunterseite zu liegen pflegt.

Im besonderen empfehlen sich Glasfußböden und -Wandbekleidungen in solchen Räumen, in denen entweder eine möglichst große Reinhaltung und Desinfektionsmöglichkeit gegeben werden soll, oder in solchen gewerblichen Anlagen, in denen mit Säuren gearbeitet wird, gegen welche die meisten der üblichen Fußböden und Wandverkleidungen einen ausreichenden Widerstand zu leisten nicht vermögen.

Auch empfehlen sich Glasfliesen als schlechte Leiter der Elektrizität für elektrische Zentralen, Akkumulatorenräume usw.

Die Stoßfugen der Platten sind meist derartig konstruiert, daß die Platten vollständig dicht aneinander stoßen und Mörtelfugen an der Oberfläche nicht entstehen.

[1]) Vergl. z. B. das Preisverzeichnis der Glashüttenwerke A.-G. zu Soest i. W.

Zum festen Abschlusse zwischen Oberfläche und Mörtelbett dient ein Verstrich der Fugenfläche mit Wasserglas.

Um ein Haften des Mörtels am Glas beim Verlegen der Platten zu sichern, werden deren Rückseiten möglichst rauh oder mit Rippen u. dergl. ausgeführt; bemerkenswert in dieser Beziehung sind die aus Hartglas hergestellten Fuß- und Wandplatten der Sächsischen Glaswerke A.-G., vormals Grützner u. Winter in Deuben bei Dresden, welche ihren Platten die aus Abb. 35a—b ersichtliche, durch DRGM. und DRP. geschützte Querschnittform geben; hierbei befinden sich entweder an der Rückseite der (größeren) Platten — Abb. 35a — nebeneinander liegende, unterschnittene Befestigungsrippen, durch welche nach innen sich erweiternde, die Platte festhaltende keilförmige Einschnitte entstehen, oder es werden — Abb. 35b — die (kleineren) Platten mit einer seitlichen, um die Außenkanten sich herumziehenden gleichartigen Rinne versehen; beim Aneinander-

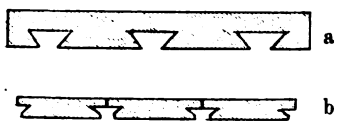


Abb. 35.

Abb. 36a.

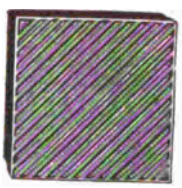


Abb. 36b.

Abb. 36c.

Abb. 36d/e.

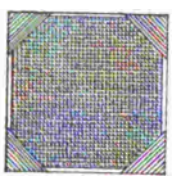


Abb. 36f.

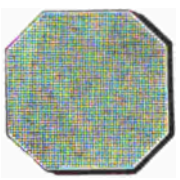


Abb. 36g.

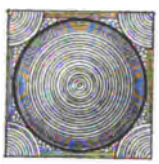


Abb. 36h.

Abb. 37a.

Abb. 37b.

Abb. 37c.

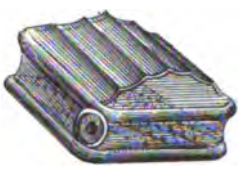


Abb. 38.

schieben mehrerer Platten entstehen alsdann trapezförmige, ein unbedingtes Festhalten der Platten sichernde Mörtelleisten, gleich denen in Abb. 35a. Bei Oberlichtplatten wird die untere Fläche nicht selten in Form kleiner Würfel oder Prismen ausgebildet, um eine Brechung und möglichste Verteilung der Lichtstrahlen zu erreichen. Es erinnern alsdann solche Platten an die beim Kapitel „Glas“ genauer zu besprechenden Belichtungsgläser, deren Hauptvertreter die Luxferprismen sind.

An ihrer Oberfläche werden die Platten entweder mosaikartig geteilt (Abb. 36a), gestreift, geriffelt (Abb. 36b), quadratisch geteilt (Abb. 36c—e), mit Perlen oder Ringen (Abb. 36f, g, h) versehen usw. geliefert. Als eine sehr zweckmäßige Riffelung ist die mittelst des DRP. 112271 geschützte, in Abb. 37a—c dargestellte Ausführung zu bezeichnen; hier sind die Riefen so geführt, daß alle Feuchtigkeit nach der Mittelrippe läuft und bei ausreichendem Gefälle des Fußbodens eine selbstätige Entwässerung gesichert erscheint.

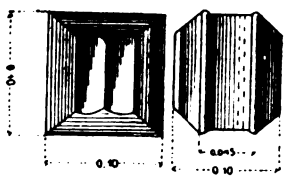


Abb. 39 a/b.

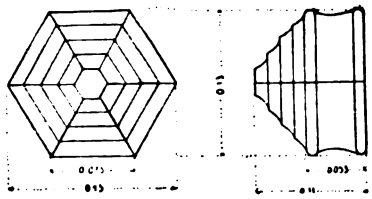


Abb. 40 a.

Abb. 40 b.

Abb. 40 e.

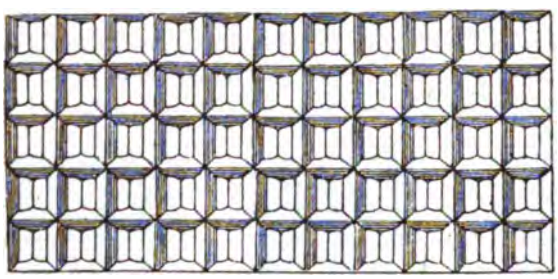


Abb. 39 c.

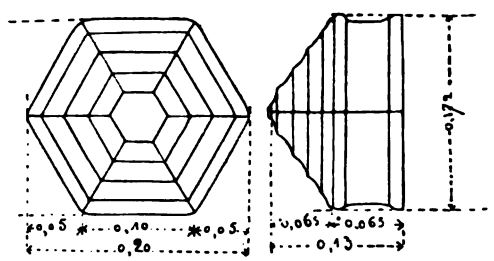


Abb. 40 c/d.

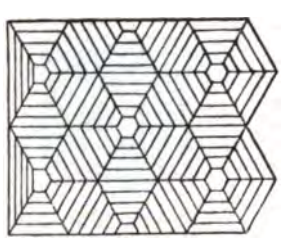


Abb. 40 f.

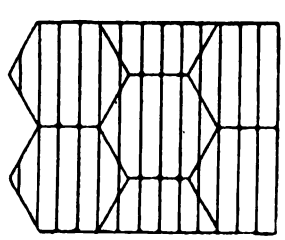


Abb. 40 g.

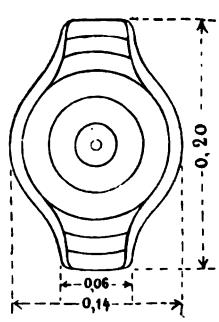


Abb. 41 a.

Abb. 41 b.

Abb. 41 c.

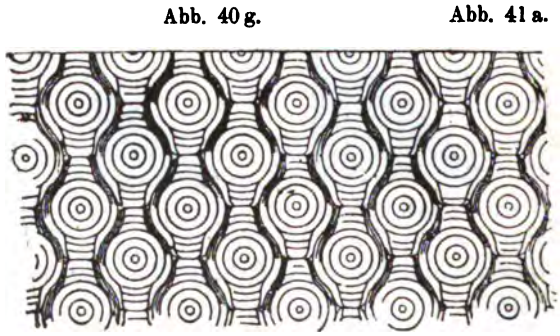


Abb. 41 d.

Abb. 42 c.

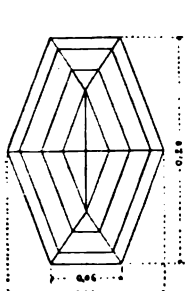


Abb. 42 a.

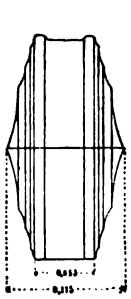


Abb. 42 b.

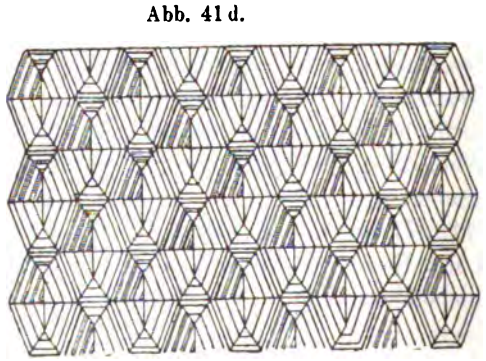


Abb. 42 d.

Fig. 43.

Neben ganzen Platten kommen auch halbe und Viertelplatten zur Lieferung (Abb. 36d u. e, 37b u. c), ferner neben den aus hellweißem Glase gefertigten Platten auch solche in bunter Ausführung (meist mit einem Preisaufschlage von 30—50 %).

Von hohlen Glasbausteinen sind zunächst zu nennen die nach dem Patent Falconnier aus geblasenem Glase nach Art von Flaschen in besonderen Formen hergestellten, in ihrer Ausgestaltung — vergl. die Abb. 38—43 — sehr verschiedenartigen Bausteine[1]).

Die im Schmelzfeuer (bei 800° C) verschlossenen[2]) Steine bewahren stets ihre vollkommene Klarheit, indem sie niemals Feuchtigkeit oder mikroskopischen Staub hindurchdringen lassen. Zudem sind die Seitenwände der Steine so angefertigt, daß sie das Licht gut und derart brechen, daß die Wände hell und durchscheinend sind, ohne jedoch von außen her die im Innern befindlichen Gegenstände klar erkennen zu lassen. Da die von den Glaswänden eingeschlossene Luftschicht ein vorzüglicher Isolator gegen Kälte, Wärme, Geräusch und Feuchtigkeit ist, so eignen sich die Steine an jeder Stelle zur Verwendung. Sind die aus den Steinen hergestellten Wände oder Gewölbe besonders groß, so ist der Temperaturausdehnung des Materials dadurch Rechnung zu tragen, daß die Seitenflächen der Steine mit einer Schicht von Leim überzogen werden. Die Mörtel(Zement-)schicht zwischen den einzelnen Steinen bewirkt binnen kurzem ein Verschwinden der Leimschicht und gibt alsdann bei genügender Dichtigkeit jedem Stein den nötigen Spielraum zu seiner Ausdehnung. Diese Vorsichtsmaßregel ist im besonderen also auch dann wichtig, wenn die Herstellung der Mauern usw. aus Glasbausteinen bei tiefer Temperatur erfolgt. Als bestes Mittel empfiehlt sich für das Versetzen der Steine verlängerter Zementmörtel; naturgemäß ist dafür Sorge zu tragen, daß der überschüssige Mörtel an den Fugenrändern abgekratzt wird, bevor er erhärtet.

Sehr einfach gestaltet sich die Ausführung von Reparaturen, da es nur notwendig ist, den schadhaften Stein herauszuschlagen und durch einen neuen zu ersetzen. In ähnlicher Weise ist es möglich, der äußeren Begrenzung der Falconnier-Steine angepaßte Ventilatoren aus lackiertem Zinkblech (DRGM. 147408) an jeder beliebigen Stelle der Mauer von vornherein bezw. später nach Fertigstellung der Mauer anzubringen[3]).

Die Farbe der Steine ist in der Regel hellweiß; gangbare Farben sind außerdem gelb, braun, grün, blau und opal (besonders geschätzt zur Trennung von Baderäumen usw.). Auch können die inneren Seitenflächen der Glasbausteine versilbert geliefert werden, wodurch eine erhebliche Vermehrung der Lichtstärke eintritt (um 50 %), da die Steine alsdann wie Spiegelglas reflektieren.

Die Verwendung der Falconnier-Steine erstreckt sich auf Ausmauerung von Fensteröffnungen, auf die Herstellung von Außen- und Zwischenwänden (Steine 6, 8 und 9), von Decken, Oberlichtern und Gewölben aller Art (besonders Nr. 7), auf den Bau von Gewächshäusern, Krankenbaracken, Badehäusern, Operationssälen, Kühlhäusern (sehr geeignet) usf.

Für Brandmauern und Lichtwände, die einen besonderen Schutz erfordern, werden die Falconier-Steine seit neuerer Zeit auch mit einseitigem oder zweiseitigem

[1]) Vergl. u. a. das Musterbuch der Glashüttenwerke Adlerhütte, A.-G., Penzig in Schlesien.

[2]) Darin, daß die Steine in noch glühend-heißem Zustande luftdicht verschlossen werden, also die heiß eingeschlossene Luft nach dem Erkalten eine nicht normale Spannung besitzt, wird vielfach der Grund des plötzlichen Zerspringens bei einem Schadenfeuer gesucht.

[3]) Diese Ventilatoren bestehen aus einem Metallrahmen in der Form des betr. Glasbausteines, mit einem an der Außenseite befindlichen Rande zur Verdeckung der Fugen und an der Innenseite biegsamen Befestigungshäkchen. Das Innere des Rahmens ist mit Witterungs-Jalousiestäbchen und einem beweglichen Verschlusse versehen.

Drahtmantel geliefert (Abb. 44 und 45). Bei einer von der Direktion der Stettiner Feuerwehr (am 7. Juli 1900) geleiteten Brandprobe wurde festgestellt), daß die Glasbausteine, System Falconnier mit Drahtmantel, der Erhitzung bis zum Schmelzpunkte des Glases (über 1000° C) solchen Widerstand leisten, daß sie, trotz vieler Sprünge ihren Zusammenhang bewahrend, weder Feuer noch Rauch durchlassen.

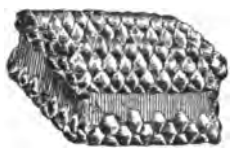


Abb. 44.

Abb. 45.

Ähnliche Ergebnisse lieferten die Untersuchungen der Mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin. Hier wurden zwei Glaswände, bestehend je aus einer 1,5 qm großen Platte, auf ihr Verhalten gegen Feuer derart geprüft, daß nach Erhitzung die eine Platte langsam an der Luft, die andere plötzlich mit Wasser abgekühlt wurde. Während der Feuerbeanspruchung erlitt Platte 1 keine äußerlich wahrnehmbaren Veränderungen; der Zusammenhaug der Platte sowie der einzelnen Glassteine war vollkommen erhalten geblieben. Nach erfolgter langsamer Abkühlung zeigte sich, daß fast alle Steine einen Riß erhalten hatten. Während des Übergießens der noch heißen, in ihrem Zusammenhange erhaltenen Platte 2 mittelst kalten Wassers traten in den Wandungen der Glaskörper unzählige feine Netzrisse ein; hierdurch erhielten die Glassteine (infolge des Lichtreflexes) ein weißes Aussehen, ihren Zusammenhang verloren sie jedoch nicht. — Die Versuchstemperatur betrug rd. 850° C. Hierbei hatte die Glasmasse zu schmelzen begonnen.

Die Abmessungen der verschiedenen Arten Falconnier-Steine sind in den Abbildungen enthalten; ihre Gewichte sowie die für je 1 qm Wandfläche erforderliche Anzahl von Steinen gibt die nachfolgende Zusammenstellung:

Abbild. Nr.	Fabrik-Bezeichnung: Nr.	Mittleres Gewicht in g	Anzahl der Steine für 1 qm Fläche
38	5	1200	36
39	6	400	100
40 a, b	7 a	1000	55
40 c, d	7	1400	36
41	8	850	55
42	9	850	55
43	v. d. Glashüttenwerken A.-G. in Soest (200 . 200 . 100 mm)	1200	25
44	Draht ummantelte Steine	5	1300	36 [1]
45		6	450	100 [1]

Als Hohlsteine von nahezu den Abmessungen des Normal-Mauersteines seien erwähnt: die Deubener Hartglasbausteine „Faust“ [2] — vergl. Abb. 46 a—h —, 24 cm lang, 7 cm hoch und 12 cm breit, auch als halbe (nach Länge oder Breite) und viertel Steine geliefert.

Die nach den Prüfungsergebnissen der Berliner Mechanisch-technischen Versuchsanstalt eine Belastung von rd. 9400 kg tragenden Steine stellen unten offene Glaskästen

[1] Die Hauptabmessungen von den mit Draht ummantelten Steinen 5 und 6 sind denen der Normal-Steine 5 und 6 entsprechend, zeigen also Quadratseiten von 16 und 10 cm.

[2] Hergestellt von den Sächsischen Glaswerken A.-G. Deuben, Bez. Dresden. Vergl. Bm. V, S. 352.

mit mäßiger Wandstärke dar; auf dem Rücken (der Decke) des Steines befinden sich zwei quadratische Erhöhungen, deren Umriß dem lichten Umfange des Hohlraumes entspricht. Die beiden Erhöhungen lassen zwischen sich einen Raum frei, in welchem die nebeneinander liegenden Kopfwände zweier darüber stehender Steine Platz finden. Außerdem greifen die Kopfflächen noch mit Feder und Nut ineinander, so daß ein fester Verband auch ohne Anordnung von Bindemitteln erzielt wird. Sollen solche — was durchaus zweckmäßig — Verwendung finden, so können hierzu Glaserkitt, Zement, Gips, eine Mischung von Bleimennige und Öl mit Schlemmkreide und dergl. verwendet werden.

Die Steine lassen zwar Licht gut durch, gestatten jedoch infolge ihrer ornamentalen Ausgestaltung keinen Durchblick; sie bilden ähnlich wie der Falconnier-Stein gute Isolationsschichten gegen Feuchtigkeit, Geräusch, Hitze und Kälte. Sie finden Verwendung zu Umfangs- und Scheidewänden und erscheinen auch in Brandmauern zum Aussetzen von Fenstern zulässig.

Ihre normale Farbe ist hell-weiß, daneben blau, grün und gelb. — Für Ausbesserungen werden besondere Steine geliefert.

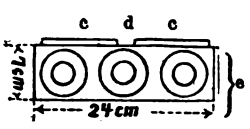


Abb. 46a.

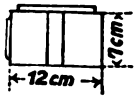


Abb. 46b.

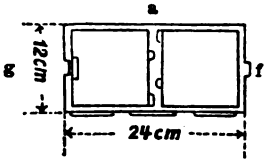


Abb. 46c.

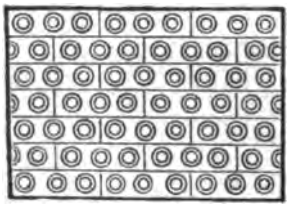


Abb. 46d.

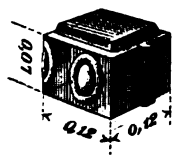


Abb. 46e.

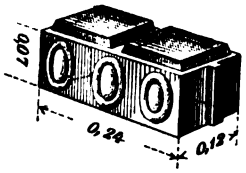


Abb. 46f.

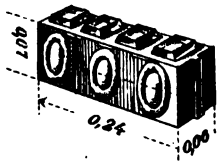


Abb. 46g.

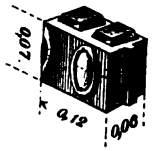


Abb. 46h.

Einen ähnlichen, unten hohlen Glasbaustein stellt auch die Gesellschaft für Glasindustrie, vormals Fr. Siemens zu Dresden her[1]). Auf der oberen geschlossenen Lagerfläche befinden sich Erhöhungen, die bis zu einer Seitenfläche reichen, von der anderen Seitenkante aber um die Dicke der Wandung abstehen. Der Erhöhung entsprechen Ausschnitte im unteren Teile der Wandflächen. Nach dem Vermauern liegen die Ausschnitte der Läuferschichten in der einen Schicht vorn, in der anderen hinten. Eine Auswechselung einzelner Steine kann mithin ohne Störung des Verbandes von der Seite her erfolgen, an der die Erhöhung liegt.

Bausteine aus entglastem Material, im besonderen Keramo-Steine und -Platten.

Bei hohen Temperaturen findet eine Entglasung des Glases statt, d. h. es wird von nadelförmigen Kristallen durchzogen und stark verdichtet. Hierbei bekommt es eine faserige Struktur, einen kristallinischen Bruch sowie eine größere Zähigkeit und Härte. Am leichtesten läßt sich diese Umänderung bei Gläsern bewirken, die einen Gehalt an Tonerde, Kalk oder Magnesia besitzen; auch wird die Entglasung durch Berührung mit Sand, Glasabfällen sowie Pulverisierung des Rohmaterials befördert.

[1]) Vergl. ZdB. 1903, S. 212.

Der in der Rohmasse vollzogene Entglasungsprozeß kann entweder in einem Glühofen eingeleitet und in einem Schmelzofen vollendet oder in einem letzteren allein durchgeführt werden. In diesem Falle mischt man die aus Glasstückchen und Glaspulver bestehende Rohmasse mit einem Bindemittel, z. B. Wasserglas, Gummiarabikum oder dergl., das nur den Zweck hat, das Gemenge plastisch formbar zu machen. Die vorbereitete Masse wird alsdann in eine im Schmelzofen befindliche und an ihrem Boden durch Sand, Speckstein oder dergl. isolierte Form gebracht und in dieser entglast. Ist dies geschehen, so wird der betreffende Stein vom Boden der Form mit Hilfe eines gabelförmigen Werkzeuges abgehoben, unter eine starke hydraulische Presse gebracht und hierauf langsam gekühlt[1]). Eine beliebige Färbung ist durch Metalloxyde zu erreichen.

Das ganz aus Glas dargestellte, von der Adlerhütte in Penzig als Keramo in den Handel gebrachte Material ist außerordentlich hart und der Abnutzung kaum ausgesetzt. Es eignet sich vorzüglich zu Fußboden- und Trottoirbelag, Treppenstufen, Wandverkleidungen, zum Fassadenschmuck usw. Die in Portland-Zementmörtel zu verlegenden Platten werden in Abmessungen von 15 × 15, 15 × 22,5, 22,5 × 22,5, 15 × 38, 31 × 38, 38 × 38 und 38 × 62 cm geliefert, bezw. in 1/2 und 1/4 diagonal, in 3/4, 2/3, 1/2, 1/3, 1/4 und 1/5 der normalen Abmessungen geteilt. Die Oberfläche der weißlich-gelben, kristallinisch glänzenden Platten kann glatt, auch poliert oder auf die verschiedenste Weise gemustert sein — Abb. 47a—c. Für Fassadenverkleidungen werden Quader mit und ohne Schlag, bossiert, gespitzt, gestockt, gerippt, auch verschieden profiliert in Abmessungen der Ansichtsfläche von 38 × 62, 38 × 38 und 38 × 31 cm geliefert.

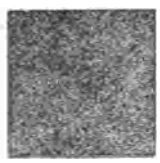


Abb. 47a.

Abb. 47b.

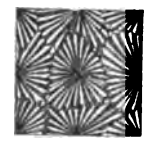


Abb. 47c.

Untersuchungen des Materials bei der Mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin haben sein Raumgewicht zu 2,54, sein spez. Gewicht zu 2,64, mithin seine Dichtigkeit zu 0,97 ergeben. Der Härtegrad nach der Mohsschen Skala wurde zu 9 (Schmirgel) bestimmt; die Biegungsfestigkeit wurde in lufttrockenem Zustande zu 213 kg/qcm, wassergesättigt zu 204 kg/qcm, nach den Frostversuchen zu ebenfalls 204 kg/qcm ermittelt, während sich nach Versuchen im Laboratorium der École des ponts et chaussées zu Paris die Druckfestigkeit des Materials zu 2023 kg/qcm ergeben hat. Auch zeigten sich die Platten als vollkommen säurebeständig, da sich nach 14tägiger Einwirkung von Nitrosäure (1 T. konzentrierte Schwefelsäure und 1 T. konzentrierte Salpetersäure) sowie von Schwefelsäure keinerlei Veränderungen an den Platten zeigten[2]). Die Adhäsionsfestigkeit der Platten an Zement gegen Losreißen von diesem wurde zu 15,3 kg/qcm (Zug) bestimmt.

[1]) Vergl. DRP. 91203 und 109712 von Garchey, pat. vom 21. März 1896. Auf ähnliche Weise werden auch künstliche Steine (z. B. nach dem Dodéschen Verfahren) dadurch hergestellt, daß ein Pulver einer schwer schmelzbaren Substanz — z. B. Sand, Porzellan, Ton — mit Glaspulver und etwas Wasser zu Steinplatten, Ornamenten usw. geformt, bis zum Entglasen erhitzt und hierauf durch Pressen in die gewünschte Form gebracht wird.

[2]) Als in Salzsäure lösliche Bestandteile wurden seitens der Berliner Prüfungs-Anstalt allerdings 2,7 %, zum größten Teil aus Eisenoxyd und Kalk bestehend, gefunden. Vergl. B. M. 1903, Heft 5/6, S. 295, 2. Versuchs-Reihe.

Kapitel XII.

Kunststeine aus Asbest, Torf und verschiedenartiger, besonderer Zusammensetzung.

§ 38. Asbestkunststeine.

Die hier zu besprechenden Steine bestehen aus den verschiedenartigsten Bindemitteln und Füllstoffen, unter denen Asbestfasern eine wichtige Rolle spielen. Hervorhebenswert erscheinen:

1. Feuerfeste Masse aus Asbest und Kreide nach dem DRP. 133648 [1]).

Asbest und Kreide werden mit einer Lösung von Natriumsilikat gemischt und geformt. Die noch feuchten Steinplatten usw. werden hierauf in gasdichte Kammern gebracht, in deren unteren Teil ein Strom von Kohlensäure so lange einströmt, als diese noch aufgenommen wird. Hierauf wird durch einen Luftstrom von oben die Kohlensäure hinausgetrieben, der Gegenstand abgespült und getrocknet. Durch die Einwirkung der Kohlensäure wird die Kieselsäure als ein gallertartiges Hydrat ausgeschieden, welches durch allmähliches Eintrocknen die Körperteilchen, deren Zwischenräume es ausfüllt, aneinanderkittet. Das nebenher gebildete Alkalisalz bleibt der Kieselsäure beigemengt [2]).

2. Asbest-Steine nach dem DRP. 28863 [3]).

Sandfreier fetter Ton und Torfmoor werden im Verhältnis 5:5 bis 1:5 gemischt und möglichst gleichförmig zerkleinert. Diesem Gemenge wird pulverisierter Asbest im Verhältnis von 1—5 Gew.-T. zugesetzt. Durch geringen Wasserzusatz wird ein gleichmäßiger Brei gebildet, der nach Entfernung aller groben Bestandteile in Formen unter hohem Drucke gepreßt, sodann getrocknet und gebrannt wird.

Je größer der Torfzusatz ist, desto leichter werden die Steine. Dieselben eignen sich zur Herstellung feuersicherer Decken und Zwischenwände und lassen sich nageln, hobeln, sägen usf.

3. Die L. Grote'sche patentierte plastische Asbestmasse.

Asbestfasern werden mit Leimlösung, Wasserglas, Formaldehyd oder dergl. getränkt, durch Abpressen von der überflüssigen Feuchtigkeit befreit und in die Lösung eines Tonerde-, Barium- oder Strontiumsalzes gebracht. Die sich bildende pergamentartige Masse wird getrocknet und gepulvert, nochmals mit einem der oben genannten Bindemittel gebunden und nach Zusatz von etwas Bleiglätte zu feuerbeständigen Platten, Röhren usw. gepreßt.

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, II, S. 1379.

[2]) Von Siemens und Halske sind als Bindemittel organische Siliciumester vorgeschlagen worden, weil sich die oben beschriebenen Platten für manche Verwendungszwecke nicht eignen, im besonderen, weil in alkalischen Flüssigkeiten das ausgeschiedene Kieselsäurehydrat löslich ist. In den genannten Verbindungen tritt das Silicium bei Berührung mit Wasser aus seiner Verbindung aus und geht in Kieselsäure über, während der Rest der ursprünglichen organischen Verbindungen an der Luft verdunstet. So werden z. B. zerkleinerte Asbestfasern mit Siliciumäthylester zu Platten geformt, oder bereits geformte und getrocknete Platten nachträglich mit letzterem getränkt; die entstehende Kieselsäure scheidet sich alsdann in dünner festhaftender Weise und Schicht auf den einzelnen Fasern aus und kittet dieselben an ihren Berührungsstellen aneinander. Da wenig Kieselsäure notwendig ist, so behalten die Platten in ausreichender Menge Poren (österr. Patent 78420 vom 15. Januar 1902), vergl. Tonind.-Z. 1902, I, S. 951—952.

[3]) Von E. Murjahn-Hamburg. Vergl. u. a. Hannoversches Gewerbeblatt 1894, Nr. 11, S. 83. Über Verwendung von Torf von G. Lang.

4. Marmorartiger Asbestkunststein[1]).

150 g langfaseriger Asbest werden mit einer Lösung von 50 g Schellack in 100 g Spiritus getränkt und hiermit zu einer weichen nachgiebigen Masse verarbeitet. Diese wird mit 1½ kg anorganischem, in Spiritus nicht lösbarem Farbstoffe durch Kneten, Rollen usw. derart innig verbunden, daß sich der Farbstoff in mehr oder weniger großen und unregelmäßigen Stücken zwischen den Asbestfasern einsetzt, so daß diese auf einem farbigen Untergrunde helle glänzende Adern bilden. Hierauf werden die Platten geformt und gepreßt, alsdann über gelindem Feuer so lange erwärmt, bis der Spiritus entwichen ist, dann nochmals gepreßt, an der Luft langsam getrocknet und hierauf poliert.

Vor dem Kneten können den Asbestfasern zur Verschönerung der Platten auch Metallsplitter, Perlmutterabfälle, Glassplitter, überhaupt beliebige, blitzende Stoffe zugesetzt werden.

5. In ähnlicher Weise kann auch Asbest allein in Stein- oder Plattenform dadurch gebracht werden, daß man ihn (DRP. 39555)[2]) — gewöhnlich in Garnform — mit Schellacklösung oder Firnis tränkt, ihn preßt, das Bindemittel soweit als möglich durch Erhitzung zerstört und die Masse dann nochmals bei einer Temperatur über 400° C in heißer Form kräftig zusammenpreßt.

6. Nach dem patentierten Verfahren von Simmons und Boch werden feuer- und wasserdichte Asbestzementplatten hergestellt durch eine Vermengung von 200 T. Asbest mit 30—130 T. aufs feinste vermahlenem und frisch ausgeglühtem Zinkoxyd, 70 T. Zement und dünnem Leimwasser. Mit dem hierdurch gebildeten Brei wird beiderseits unter sehr hohem Drucke eine Einlage aus Drahtgeflecht überzogen. Die hierdurch entstandene Platte wird nach ihrem Austrocknen mit schwefelsaurer Tonerde getränkt.

7. Mineralith[3]). Dieses, dem Papyrolith usw. in seiner Anwendung ähnliche Material besitzt als fugenloser Asbestfußboden, nicht minder als Treppen- und Wandbelagmasse eine verbreitete Verwendung. Aus Asbest und einer zementartigen Bindemasse bestehend, wird Mineralith in Stärken von 10—15 cm estrichartig an Ort und Stelle aufgebracht und bildet somit nach Fertigstellung eine einzige zusammenhängende, fugenlose Fläche mit den bekannten Vorzügen dieser. Als Unterbettung kann Holz, Beton, Stein Eisen usw. Verwendung finden. Die Farbe ist beliebig, auch können verschiedene Farben zu einem Muster zusammengestellt werden. Der Fußboden ist sehr dauerhaft, fußwarm, schalldämpfend, elastisch, feuersicher und wasserundurchlässig; auch können die Scheuerleisten sowie eine anschließende Wandverkleidung aus derselben Masse hergestellt werden.

8. Dachdeckungsplatten aus Asbest.

a) Die aus einem Gemische von faserigem Asbest und Portland-Zement hergestellten Dachplatten werden auf einer Art von Papiermaschinen und zwar zunächst in dünnen (papierstarken) Lagen hergestellt; mehrere Schichten dieser werden alsdann bis zur gewünschten Dicke der Platten durch hohen hydraulischen Druck aufeinander gepreßt und hierbei zugleich stark verdichtet. Die sehr gut — auch bei Sturm — bewährten Platten werden auf ihrer Unterlage ohne Lochung mit breitköpfigen, verzinkten Drahtstiften unverschiebbar und auf der darunter greifenden Platte fest liegend angenagelt[4]).

[1]) Vergl. Tonind.-Z. 1902, I. S. 642.
[2]) Von Ch. Jackson, Nottingham in England.
[3]) Hergestellt von den Asbestzementwerken G. m. b. H. Hamburg.
[4]) Vergl. Tonind.-Z. 1903, S. 1554 und 1760.

b) Asbestschiefer [1]).

Das in weißer, grauer, grüner oder roter Farbe und in Platten bis 1 qm Größe sowie in Stärken von 1,5 cm aufwärts hergestellte Material besteht aus Asbest und einem nicht mitgeteilten Bindemittel, welches eine vollkommene Wasserundurchlässigkeit der Platten sichert. Asbestschiefer besitzt eine Härte ähnlich der des Naturschiefers und kann daher sowohl auf Schalung als auf Lattung, gegebenenfalls auch wie Glasplatten auf eisernen Sprossen, verlegt werden. Das elastische, bei Hitze und Kälte gleich volumenbeständige, durch eine gute isolierende Wirkung, besonders aber durch sein geringes Gewicht [2]) ausgezeichnete Material ist leicht zu bearbeiten; es läßt sich wie Holz bohren, nageln und wie Pappe schneiden; dabei hat es — im Gegensatze zum

[1]) Hergestellt von den Asbest- und Gummiwerken Alfred Calmon, A.-G. Hamburg. Vergl. das Preisverzeichnis der Firma sowie DB. 1900, S. 566.

[2]) Vergl. die nachstehenden Tabellen: Plattengewichte:

A. Bei Schrägdeckung mit Plattenformat 33⅓ × 25 cm, 2½ mm stark.

Überdeckung	Zahl der erforderlichen Platten auf 10 qm Dachfläche	Materialaufwand für 1 qm Dachfläche	Kosten der fertigen Eindeckung bei größeren Dachflächen	Gewicht für 1 qm Dachfläche
cm	Stück	qm	ca. ℳ	kg
5	177	1,47	4.20	3,68
6	193	1,60	4.70	4,00
7	211	1,76	5.20	4,42

B. Bei Diagonaldeckung mit Plattenformat 1,00 × 1,00 m, 2½ mm stark.

Überdeckung	Materialaufwand für 1 qm Dachfläche	Kosten der fertigen Eindeckung pr. qm Fläche	Annäherndes Gewicht pr. qm Dachfläche
6 cm	1,15 qm	3.20 ℳ	2,88 kg
8 „	1,216 „	3.30 „	3,04 „
10 „	1,29 „	3.45 „	3,22 „
12 „	1,37 „	3,65 „	3,43 „

C. Bei Diagonaldeckung mit Plattenformat 1,00 × 1,00 m, 5 mm stark.

Überdeckung	Materialaufwand für 1 qm Dachfläche	Kosten der fertigen Eindeckung pr. qm Fläche	Annäherndes Gewicht pr. qm Dachfläche
6 cm	1,15 qm	5.80 ℳ	5,75 kg
8 „	1,216 „	6.10 „	6,08 „
10 „	1,29 „	6.40 „	6,45 „
12 „	1,37 „	6.75 „	6,85 „

Naturschiefer — keine Neigung zum Spalten und Zerbrechen beim Betreten und stellt sich auch in seinen Unterhaltungskosten viel niedriger als der Naturschiefer. Das spez. Gewicht des Materials beträgt 1,00.

Die Eindeckung erfolgt durch Schrägdeckung und Diagonaldeckung, erstere mit rechteckigen Platten von 2,5 mm Stärke und $33^1/_3 . 25$ cm Größe und 5—7 cm betragender Überdeckung; hierbei wird eine jede Platte dreimal mit verzinkten Schiefernägeln derart genagelt, daß stets zwei Platten durch einen Nagel gleichzeitig gehalten werden. Die Diagonaldeckung wird in der Regel bei Verwendung stärkerer Platten (5 mm) ausgeführt, die alsdann zu empfehlen sind, wenn für besondere Zwecke eine erhöhte Isolierung gefordert wird[1]). Die Überdeckung beträgt hier 6—12 cm, während die Befestigung der Platten durch Klammern erfolgt.

Bei Anschlüssen usw. sind die Platten auf die erforderlichen Formen und Größen zu schneiden.

In gleicher Weise wie zur Dachdeckung können die Asbestschieferplatten — der Verwendung des Naturschiefers entsprechend — zu Wandbekleidungen herangezogen werden.

§ 39. Kunststeine aus Torf und Holz.

Als gute Eigenschaften des Torfs für Bauzwecke sind zu nennen seine Leichtigkeit, seine schlechte Schall- und Wärmeleitung, sein geringer Preis; seine unangenehmen Eigenschaften, wie Verbrennbarkeit, hohe Wasseraufnahmefähigkeit, Fäulnisgefahr, geringe Festigkeit, lassen sich durch zweckmäßige Beimengungen und geeignete Behandlung verringern oder unschädlich machen.

Zu erwähnen sind:

1. Die gepreßten Dachstein-Torfplatten nach dem DRP. 2872[2]). Zur Herstellung der Dachsteine werden nur die oberen feinfaserigen und schwammigen Torflagen verwendet, die unter starkem Druck zusammengepreßt und zur Erreichung der Wasserdichtheit mit Teer und Asphalt oder auch mit Kalkmilch getränkt werden; im letzteren Falle ist eine Nachpressung sowie eine Imprägnierung mit Wasserglas notwendig.

2. Ziegelsteine, aus Torf gepreßt, werden durch Überziehen der Außenfläche mittelst einer Mischung von Asphalt und Holzteer hart, wasserdicht, nicht feuerfangend und gut schalldämpfend. Die gleiche Mischung dient auch zum Vermauern der Steine[3]).

3. Torfstein von A. Skrobanek-Wien. Der von mineralischen Bindemitteln zementartiger Natur durchzogene Torfstein soll unempfindlich gegen Wärme und Feuchtigkeit sein, dabei ausreichende Festigkeit und Widerstandsfähigkeit besitzen[3]).

4. Der Leichtstein von Cordes u. Co.-Hannover. Der aus lufttrocknem Moortorfboden hergestellte, sehr elastische, filzartige Torfmull wird mit Gips zu einem für Isolierungen und als Schalldämpfer geeigneten Stein vereinigt.

5. Pflasterstein für Ställe nach dem englischen Pat. 13649[4]). Trockner, zerkleinerter Torf, Sägespäne oder dergl. werden mit alkalischen Erden, z. B. Kalk, Dolomit und dergl. gemischt. Nach Zusatz von Holzessig wird die Masse zu Steinen geformt, gepreßt und getrocknet.

[1]) Z. B. bei Bauten in den Tropen, für die überhaupt das Dachdeckungsmaterial sich besonders empfiehlt.

[2]) Von G. Gerke jr. Hamburg.

[3]) Vergl. Bm. VIII, S. 33.

[4]) Von R. F. Strong, Chancery-Lane London, Pat. von 1896.

6. Auch wird Moortorf mit einem Bindemittel meist mineralischer Art in Schalenform als Isoliermittel zur Verkleidung warmer wie kalter Leitungen in den Handel gebracht [1]).

7. Das Torfmoordach von H. Classen [2]). Die eigenartige, auf ein gewöhnliches Pappdach aufgetragene Masse setzt sich zusammen aus wasserfreiem Steinkohlenteer, Torfmull, einem Klebestoff sowie einem Imprägnierungsstoff gegen Feuersgefahr. Die vorbereitete Masse wird etwa 1—1,5 cm stark auf die Dachpappe aufgetragen und mit glühenden Eisen geglättet. Auf die sich hierdurch bildende feine Außenhaut wird — ebenfalls glühender — staubfreier Kies von Linsengröße gestreut. Die somit erzeugte Kruste verhindert die Verdunstung der in der Masse enthaltenen Teeröle sowie ein Reißen der Dachhaut bei Hitze oder Kälte und bewirkt zugleich, die Masse dauernd elastisch zu erhalten. Die auch zur Reparatur von Pappdächern sehr geeignete Deckungsart stellt sich — im besonderen in Berücksichtigung der geringen Unterhaltungskosten — nicht viel teurer als ein Pappdach; das Gewicht beträgt bei 1 cm Stärke 106 kg für 1 qm.

8. Dachziegel aus Holzschliff [3]) sowie aus Sägemehl [4]) und geeignetem Bindemittel. Die Ziegel zeichnen sich durch große Elastizität und Leichtigkeit aus, können auch durch Imprägnierung ziemlich wasserundurchlässig und feuersicher hergestellt werden. Ausreichende Erfahrungen über die Bewährung dieser Materialien liegen noch nicht vor.

§ 40. Verschiedene Kunststeine besonderer Art.

Unter „verschiedenen Kunststeinen besonderer Art" mögen solche inbegriffen werden, welche sich in keine der vorstehend behandelten Gruppen einstellen lassen. Hier sind zu erwähnen:

1. Lehmsteine, auch Lehmpatzen und Lehmziegel genannt. Zu ihrer Herstellung wird mittelfetter Lehm mit Wasser angemengt und in hölzerne Formen gestrichen. Enthält der Lehm viel Sand, so empfiehlt sich ein Zusatz von gelöschtem Kalk von wenigen Hundertteilen. Die nach oberflächlicher Erhärtung aus den Formen genommenen Steine müssen, um ein späteres Feuchtwerden der aus ihnen gebauten Mauern zu verhindern, längere Zeit an der Luft (jedoch wegen der Gefahr zu zerreißen, im Schatten) trocknen.

Die meist vorkommenden Abmessungen sind:

$30 \times 40 \times 8$—10 und $26 \times 12{,}5 \times 8$ cm; von der ersteren Form sind 300—220, von der zweiten Art 390 Steine zur Herstellung eines Kubikmeters Mauerwerk notwendig; der größere Stein wiegt 5—7, der kleinere 4—4,5 kg.

Daneben kommen, wenn auch seltener, noch quaderähnliche Steine vor, meist mit einem Zusatz von 10—20% Stroh, Häcksel usw. versetzt; hierdurch trocknen die Steine zwar leichter aus, zeigen aber naturgemäß auch geringere Festigkeit. Übliche

[1]) Nach einem patentierten Verfahren wird ferner aus Torf ein ebenholzähnlicher Körper — ein vorzüglicher Isolator gegen Wärme und Elektrizität — hergestellt; hierzu wird Torf, mit einigen Hundertteilen Schwefelblume vermischt, auf 120° C erhitzt und hierauf gepreßt. Es bildet sich eine ebenholzartige, knochenharte, gegen kochendes Wasser beständige Masse. — Vergl. Bm. VIII, S. 33.

[2]) Vertreten durch L. Lindenberg-Stettin.

[3]) Vergl. Dinglers polyt. Journ. Bd. 304, S. 154.

[4]) Von W. Schmidt in Eckesey. Wie die Prüfung der Steine ergibt, betrug die Wasseraufnahme in 24 Stunden 10,5, nach vollkommener Sättigung 15,9% des Trockengewichtes; eine Wasserdurchlässigkeit war nicht vorhanden. Durch ein Feuer von 1075° C wurde das Material zerstört.

Formate sind 39.20.16 und 27.15.16 cm. Die Gewichte betragen 18,5 bezw. 9—9,5 kg; zu 1 cbm Mauerwerk sind erforderlich 81 bezw. 154 Stück.

Die für einfachere landwirtschaftliche Bauten wegen der schlechten Wärmeleitung, ihrer Feuersicherheit und wegen ihrer niedrigen Kosten geeigneten Steine finden im besonderen zur Errichtung von Zwischenwänden Verwendung. Zu Außenwänden eignen sie sich nur, wenn sie durch weit vorstehende Dächer oder einen Putz der unmittelbaren Einwirkung der atmosphärischen Feuchtigkeit entzogen sind. — Eine Verkleidung mit anderen Steinen empfiehlt sich nicht, da sich die Materialien zu verschieden setzen würden.

2. Kaseïn-Steine.

a) Überziehen der Steine mit einer Kaseïn-Schicht.

Der aus abgerahmter, fettfreier Milch beim Versetzen dieser mit wenig Essig gewonnene Käsestoff wird in Ätzammoniak zu einer schwach gelblich gefärbten, dicken Flüssigkeit gelöst. Wird diese auf Glasplatten oder dergl. ausgebreitet, so verflüchtigt sich Ammoniak und Wasser; es verbleibt ein Kitt von bedeutender Härte, der, mit Gerbsäure versetzt, eine Schicht von großer Widerstandsfähigkeit gegen feuchte Luft, Wasser und Frost bildet. Auf dieser Erscheinung beruht das Überziehen poröser Kunststeine aller Art mittelst der vorgenannten Kaseïnmasse und nachfolgenden Eintauchens der Steine in eine Gerbstofflösung. Hierbei lassen sich die Steine auch schön färben, wenn man Tonfarben, die sich mit der Kaseïnlösung zu unlöslichen Verbindungen vereinigen, mit ersterer vermengt.

b) Kaseïn-Kunststein nach dem DRP. 41233.

Gepulverter Marmor oder Kalkstein (3—4 T.) werden mit 1 T. Ätzstrontian und etwa der 6fachen Menge beider an Kaseïn innig gemischt; hierbei verbindet sich das Ätzstrontian mit dem Käsestoff zu einem Bindemittel von großer Kraft, welches den Steinen nach erfolgter Pressung eine große Härte und Zähigkeit verleiht.

3. Geolith[1]). Aus einem Bindemittel, z. B. phosphorsaurem Magnesiumchlorat, und Sand oder pulverisiertem natürlichem Gestein, wird eine die obige Bezeichnung führende Kunstmasse hergestellt, welche zu verschiedenen Zwecken verwendbar ist, und zwar zur Herstellung eines Estrichs — zweckmäßig unter Zusatz von Sägespänen (wegen der schlechteren Wärmeleitung) —, zum Aufbau von Trennungswänden, zur Erzeugung künstlicher Steine (ähnlich dem Sandstein, Marmor, Syenit, Granit), sowie einfarbiger und gemusterter Fliesen usf.

4. Der Kalkolith-Kunststein[2]). Kalkolith, ein Rückstand aus der Sodafabrikation, erstarrt, sich selbst überlassen, zu einer glasharten, schlackenähnlichen Masse; wird er jedoch in noch gelatineartigem Zustande mit getrockneten und gepulverten anderen Sodarückständen vermengt, so kann aus der entstandenen Masse durch hohen Druck ein wetterfester Baustein erzeugt werden. Um die Wetterbeständigkeit des Steines zu erhöhen, wird zweckmäßig $^1/_{12}$—$^1/_{15}$ des Gesamtgewichts an Portland-Zement oder $^1/_{10}$ an hydraulischem Kalk zugesetzt.

5. Der Klebersche Kunststein (DRP. 20612)[3]). Gips oder hydraulischer Kalk wird in trockenem Zustande mit gesiebter Asche, Pottasche oder einem anderen Alkalikarbonat und einer schwefelsäurehaltigen Lösung von Kalksulfat zu einer plastischen Masse zusammengeknetet und unter Druck geformt. Zum Schlusse wird der Stein in eine gesättigte, schwefelsäurehaltige Lösung von Aluminiumsulfat zur Nachhärtung gelegt und alsdann getrocknet.

---

1) Hergestellt von den Deutschen Geolith-Werken zu Schöneberg bei Berlin.

2) Von W. Schleuning-Berlin, DRP.

3) Von P. Kleber-St. Johann, Pat. vom Jahre 1896.

6. Lithoid-Steine[1]).

Lithoid ist eine, in ihrer Zusammensetzung geheim gehaltenen Flüssigkeit, welche mit Steinabfällen aller Art, Sand, Sägemehl, Papierstaub, Asche usw. steinartige Massen von großer Festigkeit und Widerstandsfähigkeit bilden, welche sich für die verschiedenartigsten Verwendungsgebiete, auch der baulichen Praxis, eignen sollen.

7. Die Gummifliesen von Ph. Hemmer-Aachen bestehen aus einer plastischen Masse von 100 T. Zement, 40 T. Wasser und 10 T. Kautschuklösung mit wechselnden Mengen indifferenter Füll- und Farbstoffe.

Literatur-Nachweisung.

Benutzte Abkürzungen[2]): DB. = Deutsche Bauzeitung; ZdB. = Zentralblatt der Bauverwaltung; D.P.J. = Dinglers polytechnisches Journal; T.Z. (Tonind.-Z.) = Tonindustrie-Zeitung; St. u. E. = Stahl und Eisen; Z. d. V. D. I. = Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure; Bm. = Baumaterialienkunde; B.M. = Mitteilung aus der Kgl. Mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin; H.Z. = Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, später Zeitschrift für Architektur und Ingenieur-Wesen; Schw. Bztg. = Schweizer Bauzeitung; ÖZ. = Zeitschr. des österr. Ingen.- und Architekten-Vereins.

I. Selbstständige Werke, Abschnitte aus solchen und Aufsätze aus Zeitschriften allgemeinen Inhaltes.

1. Dr. Th. Koller, Künstliche Baumaterialien, ihre Verwendung und Herstellung. Verlg. M. Bechhold. Frankfurt a. M. 1894.
2. S. Lehner, Die Kunststeine, eine Schilderung der Darstellung aller künstlichen Steinmassen. A. Hartlebens Verlag. Wien, Pest, Leipzig.
3. Carl Wetzel, Die Herstellung und Brauchbarkeit künstlicher Pflastersteine. Verlg. v. R. Schulze. Mittweida 1901.
4. R. Gottgetreu, Baumaterialien. III. Aufl. Berlin 1880. Verl. v. J. Springer. Ungebrannte Kunststeine S. 396—409.
5. R. Krüger, Handb. d. Baustofflehre. Verlg. v. A. Hartleben 1899. Die ungebrannten künstl. Steine. Bd. I. S. 252—264, sowie die Kapitel im Bd. II über Mörtel (1 u. 2).
6. Ed. Feltone, Isoliermaterialien und Wärme-(Kälte-)Schutzmassen. Verlg. A. Hartleben 1903.
7. A. Forstner, Isolation gegen Feuchtigkeit und für Elektrizität. Verlg. A. Hartleben 1903.
8. Handbuch der Architektur. Allgem. Hochbaukunde I. Bd. 1. Hälfte. II. Aufl. 1895; III. Aufl. 1905. Verlg. von A. Bergsträsser. Ungebrannte künstl. Bausteine S. 100 u. ff.
9. Glinzer, Kurzgefaßtes Lehrbuch d. Baustoffe. II. Aufl. Verlg. v. G. Kühlmann. Dresden 1900. S. 71—74.
10. E. Nöthling, Die Baustofflehre. Verlg. v. B. Fr. Voigt-Leipzig 1904. Ungebrannte künstl. Bausteine S. 98—127.
11. Physikalische Eigenschaften von Kunststeinen (amerikan. Untersuchungen). T.Z. 1901. II. S. 1900.
12. Mitteilungen über bemerkenswerte Bauausführungen u. über neue Kunststeine. T.Z. 1900. II. S. 1244.
13. Fortschritte und Neuerungen im Bauwesen. D.P.J. Bd. 302. S. 274 und Bd. 304 S. 151 u. 178.
14. M. Gary, Die internat. Ausstellung für Feuerschutz und Feuerrettungswesen zu Berlin 1901, im besonderen feuersichere Isoliermaterialien. T.Z. 1901. II. S. 1299 u. ff.
15. Dr. H. Hecht, Über verschiedene im Handel befindl. feuerfeste Steine. T.Z. 1900. S. 597.
16. Die Baumaterialien auf der Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896. T.Z. 1896. S. 720 u. f., Bm. I. S. 95. (v. Gary).
17. Verschiedene Kunststeine. Vergl. u. a.: T.Z. 1902. I. S. 951, Bm. II. S. 245 (Englische Neuheiten), Bm. I. S. 255 (künstliche Pflastersteine), Bm. II. S. 52, 290, 355, Bm. V. S. 156/157, Wochenblatt f. Baukunde 1890. S. 72 (künstl. Pflastersteine) sowie H.Z. 1893 (Lang, Über einige neuere Baustoffe, Vortrag vom 3. Mai 1893).
18. M. Gary, Ersatz für natürliche Pflastersteine. Bm. III. S. 39.
19. Dr. Böhme, Resultate der Untersuchungen von künstl. Steinen. B.M. 1886, S. 157 158, B.M. 1891. S. 151 u. f.
20. Desgl. von H. Burchartz. B.M. 1894. S. 236 u. f.
21. Desgl. von Demselben. Die Prüfung von Pflastermaterialien, Fußbodenbelägen und Dachdeckungsstoffen. B.M. 1903. Heft 5 u. 6. S. 216 u. f.

[1]) Vergl. Bm. II, S. 355. Eine Erfindung des Ingen. Amelung in St. Petersburg.

[2]) Diese sind bereits vorstehend überall verwendet. Auf die vielfachen Literaturangaben am Fuße der einzelnen Seite sei verwiesen.

22. H. Burchartz, Feuersicherheit und Feuerübertragung. B.M. 1893. S. 294.
23. M. Gary, Brandproben. B.M. 1900. S. 1.
24. M. Gary, Die Vorschläge für die Prüfung natürlicher und künstlicher Bausteine in Frankreich. B.M. 1900. S. 127.
25. M. Gary, Abnützungsversuche mit dem Sandstrahlgebläse. B.M. 1904. Heft 3. S. 103—123, vergl. auch Bm. VII. S. 26.
26. J. A. van de Kloes, Schleif- u. Abnützungsproben (im besonderen künstl. Steine). Bm. VI. S. 10 u. 40.
27. B. H. Wallin, Über einige neue, im Ausland angewandte Methoden zur Untersuchung des Widerstandes der Materialien gegen Abnützung. Bm. VII. S. 313.
28. Versuche mit Fahrbahnbelägen in Zürich. Schw. Bztg. 1900. S. 127.
29. Brandproben mit neuen künstl. Baustoffen in Berlin. ZdB. 1893. S. 239 u. 252.
30. Hohle Kunststeine (DRP. 94812 von A. Küpper-Aachen), T.Z. 1898. S. 19, desgl. (DRP. 95199 von S. Löwensohn-Fürth). T.Z. 1898. S. 42.
31. Patent-Trottoirplatten mit der Möglichkeit einer guten Reinigung trotz der Riffelung. DB. 1901. S. 499.
32. Herstellung von Kunststeinplatten — vergl. neben den bei Kapitel I gegebenen Literaturangaben: T.Z. 1900. II. S. 1471 (DRP. 111765) u. S. 1542, T.Z. 1903. II. S. 1862 (österr. Pat. v. 15. Dez. 1902. Nr. 13048) u. S. 1945 (DRP. 143954, Pat. d. Zementind. Dr. Gaspary u. Co.-Leipzig).
33. Herstellung porenfreier Kunststeine. T.Z. 1899. II. S. 1752.
34. Kunststeinpressen, neben der bei Kapitel I u. III gegebenen Lit.-Nachweisung: T.Z. 1901. II. S. 1767 u. 2050, T.Z. 1902. I. S. 34, sowie den Katolog der Firma Dr. Bernhardi Sohn G. E. Draenert in Eilenburg: Zementplatten und Kunststeinpressen.
35. Abel, Über die Keßlerschen Fluate zur Härtung von Steinen, Zement usw. Gewerbeblatt aus Württemberg 1893. Nr. 25, 1894. Nr. 26, desgl. Badische Gewerbezeitung 1893. Nr. 47.
36. Glinzer, Härtungsmethoden der Bausteine, insbesondere das Fluatieren. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1893. Heft 17, sowie DB. 1894. S. 175.
37. B. H. Füchten, Verwendung von Wasserglas zur Herstellung von Kunststeinen. T.Z. 1899. S. 307.

II. Kunststeine als Nachahmungen von Naturgesteinen.

1. Kunstgranit. T.Z. 1901. I. S. 1088. — Verwendung von Kunstgranit zur Ausbesserung stark begangener Treppen. DB. 1903. S. 547.
2. Granitoidplatten. T.Z. 1897. S. 57 u. 1900. I. S. 496.
3. Kunststein für lithograph. Zwecke (österr. Pat. v. 1. Mai 1902 v. K. Fischer). T.Z. 1902. II. S. 1730.
4. Hans Hauenschild, Neuere Kunststeine aus Kalksteinabfällen. Bm. I. S. 10/11.
5. R. Endriss, Technol.-geol. Notizen zu Hauenschilds Hydrokalkstein. Bm. I. S. 27—30; desgl. A. Hanisch in Bm. I. S. 30.
6. Kunststeine (gepreßter Marmor). Uhlands techn. Rundschau 1899. S. 80.
7. Herstellung von Kunstmarmor (Kunstkalkstein). (DRP. 116261 v. B. Neuburger u. J. W. Witz, pat. vom 18. Jan. 1899). T.Z. 1900. II. S. 2076.
8. M. Gary, Künstliche Sandsteine. Bm. I. S. 403.
9. Künstliche Sandsteine in Belgien. Bm. III. S. 196, T.Z. 1898. S. 1078.
10. Prüfung von Kunstsandsteinen u. a.: B.M. 1892. S. 169. 180. 230, 1901. S. 45.
11. Würlitzit. Bm. III. S. 41. Bm. V. S. 367, D.P.J. 1896. Bd. 302. S. 225, DB. 1893. S. 287/288. Gesundheits-Ingen. 1894. S. 149, B.M. 1892. Heft 5 (Prüfung) usw.
12. Poröse Mauerziegel aus Steinkohlenschiefer. Bm. I. S. 131.
13. Geolith-Kunststein. Bm. V. S. 332, 375, 396; H.Z. 1900. S. 316; Baugewerksztg. 1899. S. 1115.
14. Kunststein von E. Schwanenberg (DRP. 140671 v. 6. Juli 1902). T.Z. 1903. I. S. 730.
15. Diabaskunststein von Roscher. T.Z. 1900. II. S. 2010.
16. Kunststein von Aron (Englisch. Pat.) Bm. II. S. 212.
17. Vergl. auch die Broschüren des Hydrosandsteinwerkes von Schulze u. Co. Leipzig, der Sandsteinwerke Ischyrota-Berlin SO. usw.

III. Kalksandsteine.

Abkürzung: Kalksandstein = K.

1. E. Stöffler, Kalksandsteine. Verlag v. E. Rascher-Zürich 1900.
2. Ders. Die Kalksandsteinfabrikation. Verlag der Tonindustrie-Zeitung Berlin 1904 (das beste Werk z. Z. über die Frage der Kalksandsteinherstellung).
3. Die Kalksandsteinfabrikation im Taschenbuch für die Ziegelindustrie 1904. S. 13—25.
4. Zeitschrift. Die Kalksandsteinfabrikation, herausgegeben von Olschewsky.
5. F. Rinne, Zur mikroskopischen Struktur der K. T.Z. 1903. I. S. 192 u. f.
6. M. Glasenapp, Theoret. Erörterungen über die K.-Fabrikation. T.Z. 1900. II. S. 1703; Bm. V. S. 324.
7. Zur K.-Frage. T.Z. 1898. S. 276, 312, 329, 341; 1899. II. S. 1037, 1517 (Pat. Olschewsky).
8. Über K.: T.Z. 1900. II. S. 1145, 1371, 1786 (DRP. 113876), 1922, 1926. 1677, 1811, 1812; T.Z. 1901. I. S. 132 (DRP. 117063), 166, 214 (DRP. 230018/1899), 304 (DRP. 117254), 1091; T.Z. 1901. II. S. 1569, 1901, 2175.

9. Über die neuere K.-Fabrikation von W. Olschewsky. T.Z. 1898. S. 276, 312, 329, 341.
10. Fortschritte in der K.-Fabrikation. T.Z. 1900. I. S. 49, 284, 654, 864, 1032, 1112; K. im Verhältnis zu Ziegeln. T.Z. 1902. I. S. 753 u. 775.
11. Arten der K. T.Z. 1899. S. 14—16, 151—156; hier sind besprochen die Pat. 502 (Zernikow), 14195 (Michaelis), 20890 (Cressy u. Co., Hastings), 29698 u. 34862 (Zernikow), 73690 (Avenarius), 76246 (Neffgen), 82785 (Pfeiffer), 92571 (Owen, nichtig erklärt).
12. Herstellung von K. — engl. Patent 10904/1899. T.-Z. 1900. II. S. 812.
13. Erhärtung der K. (DRP. 124444). T.Z. 1901. II. S. 2050.
14. R. F. Oswald, Die Entwickelung der Erhärtungsverfahren von K. T.Z. 1900. I. S. 676; ders. 1900. II. S. 1246.
15. Beil, Erfahrungen aus der Erhärtung der K. T.Z. 1901. S. 883.
16. Meurer, Chemie und Technik der K.-Fabrikation. T.Z. 1901. I. S. 878.
17. Kalksilikat- und Kalkkarbonatstein. T.Z. 1903. II. S. 1722.
18. H. Chr. Nußbaum, Kunststeine als Ersatz für Ziegel. H. Z. (Wochen-Ausgabe) 1898. Nr. 44, desgl. im Gesundheitsingenieur 1899. Nr. 12. S. 201.
19. K. Bm. IV. S. 32. T.Z. 1899. S. 151, 211, 255, sowie D.B. 1899. S. 434.
20. Die gegenwärtige Fabrikation von K. Bm. IV. S. 282, 310.
21. Kunststein von Avenarius. T.Z. 1893. S. 196.
22. Herstellung von K. nach Sells Verfahren. T.Z. 1899. S. 14, 15 und 151—156.
23. K. nach Guthmanns Verfahren. ZdB. 1901. S. 489.
24. H. Chr. Nußbaum, K. nach dem Verfahren von W. Olschewsky. H.Z. (Woch.-Ausg.) 1899. Nr. 6.
25. Verfahren zur Herstellung von Kalksandsteingemischen. T.Z. 1902. I. S. 383, 582, 654.
26. Meurer, K.-Patente. T.Z. 1902. II. S. 1525.
27. Fragen der K.-Industrie. T.Z. 1902. II. S. 1073, 1887, 1819, 1855, 1575, 1250, 1405, 1516, 1338, 1543, 1370.
28. M. Glasenapp, Der Dolomitkalk für die Herstellung d. K. T.Z. 1901. I. S. 761.
29. Der Kalk bei der K.-Herstellung. T.Z. 1903. II. S. 2204.
30. Ablöschen des in Kalksandsteingemischen vorhandenen Ätzkalkes. T.Z. 1899. I. S. 340.
31. K.-Rohmasse. T.Z. 1902, I. S. 7, 75, 829.
32. Aufbereitung von K.-Rohmasse, engl. Pat. 2522/1902.
33. Meurer, Über Sandarten und Tonzusatz in der K.-Fabrikation. T.Z. 1902. II. S. 314 u. 905.
34. Verwendung von Schlacken- und Tonsand zu K. T.Z. 1902. S. 253.
35. Verhalten von K. im Meerwasser. T.Z. 1901. I. S. 348 u. 1902. I. S. 719.
36. Die Wasseraufnahmefähigkeit der K. T.Z. 1902. II. S. 1940.
37. Festigkeitseigenschaften der K. T.Z. 1901. I. S. 375.
38. J. F. Thießen, Eigenschaften und verschiedene Arten von K. T.Z. 1903. I. S. 150.
39. Anwendung von K. T.Z. 1902. I. S. 341.
40. K.-Bauten. T.Z. 1902. II. S. 1303, 1647, 1656, 1760 u. 1991.
41. Die Zulassung von K. T.Z. 1903. II. S. 1673.
42. Verein der K.-Fabrikanten. Bm. VII. S. 110, Bm. VIII. S. 99. Vergl. auch die Verhandlungen des Vereins in der T.Z.
43. Über die Einwirkung des Kalkes auf feuerfeste Materialien. T.Z. 1901. I. S. 876.
44. K. im Feuer. T.Z. 1901. I. S. 135, 303, 573; T.Z. 1901. II. S. 1822; T.Z. 1902. I. S. 760; T.Z. 1902. II. S. 1252, 1338, 1369, 1408; T.Z. 1903. S. 275.
45. Feuersicherheit von K. Bm. IV. S. 218; D.P.J. 1899. S. 16.
46. Die Frage der Haltbarkeit der K. im Schadenfeuer. Bm. VII. S. 358.
47. Thießen, Das Färben der K. T.Z. 1902. I. S. 652. Vergl. ferner über diesen Gegenstand: T.Z. 1900. II. S. 1429, T.Z. 1901. II. S. 1555, T.Z. 1902. I. S. 421 (DRP. 129032), T.Z. 1902. II. S. 1726 (DRP. 113818), sowie S. 1407 u. 1721 (DRP. 133618 u. 135104).
48. Prüfung und Kontrolle der K.-Fabrikationsstätten. T.Z. 1903. S. 925 u. f.; vergl. weiter hierzu das unter 2. aufgeführte Stöfflersche Buch.
49. Prüfung von K. T.Z. 1902. II. S. 1757.
50. Fabrikation von K. T.Z. 1903. I. S. 1169.
51. Maschinen für die Herstellung von K. T.Z. 1903, I. S. 246—248.
52. Erfahrung mit Maschinen und Apparaten in der K.-Fabrikation. T.Z. 1902. I. S. 648.
53. W. Olschewsky, Kalklöschtrommel. T.Z. 1902. I. S. 445.
54. Kalksandmischung mittelst Mischschnecken. T.Z. 1902. S. 760.
55. Welche Kollergänge sind die geeignetsten für die K.-Industrie. T.-Z. 1903. I. S. 1046.
56. Presse zur Herstellung von K. T.Z. 1902. S. 305.
57. P. Ehmke, Das Härten von K. T.Z. 1902. I. S. 974.
58. Das Härten von K. mittelst Dampfdruckes. T.Z. 1902. II. S. 1787 u. 1855 (v. H. Schön), S. 1447, 1481 u. 1686 (v. Thießen), S. 1340 u. 1684 (v. Bachl).
59. Kessel zum Härten von K. DRP. 134190, desgl. T.-Z. 1902. I. S. 5.
60. Nachbehandlung der gehärteten K. T.Z. 1902. I. S. 94.

IV. Zement und Gipskunststeine.

1. Die Deutsche Portland-, Zement- u. Beton-Industrie. Düsseldorf, Ausstellung 1902, herausgegeb. v. Verein deutsch. Portland-Zem.-Fabr. u. d. deutsch. Beton-Verein. 1902.
2. Neuerungen in der Zementwaren-Fabrikation. T.Z. 1902. II. S. 1313.
3. Betonkunststeine. T.Z. 1902. II. S. 1265.
4. M. Gary, Künstliche Sandsteine. Bm. I. S. 403.
5. Zementziegel. T.Z. 1902. I. S. 33.
6. Rasch erstarrende Formmasse. Bm. I. S. 144.
7. Ecksteine aus Zementbeton gestampft zum Häuserbau (DRP. 64706 v. Hollenbeck u. Haller). T.Z. 1896. S. 948.
8. Steinartige Masse aus Sägemehl, Gips oder Zement. T.Z. 1898. S. 1280, T.Z. 1899. II. S. 1633, T.Z. 1902. I. S. 668 (Vorber. organ. Zusatzmittel in Zement u. Gips), T.Z. 1903. II. S. 1252, Bm. III. 175.
9. Plastische Masse aus Zement, Wasser, Kautschuk oder Gummilösung. Bm. I. S. 226.
10. Zementbausteine von Eintz-Blankenstein. D.P.J. 1897. Bd. 304, S. 151.
11. Dübelstein mit in Nuten festgeh. Holzkeil (DRGM. 138759). ZdB. 1901. S. 372.
12. Bausteine für Doppelwände in Beton. T.Z. 1900. I. S. 4.
13. Zementformsteine für unterirdische Kabel. DB. 1900. S. 102.
14. Künstliche Quaderbausteine. Bm. II. S. 292 nach der Schw. Bztg. 1898. S. 96.
15. Schornstein-Lochstein. ZdB. 1898. S. 20.
16. Verfahren zur Herstellung von Kunststeinen mit Eiseneinlagen. Bm. VII. S. 326.
17. Portland-Zementpflaster. Bm. I. S. 224/225.
18. Fahrbahnpflasterung mit Asphalt-Betonplatten in Zürich. T.Z. 1900. I. S. 1023.
19. Bestimmungen für die Herstellung und Verwendung von Beton-Pflastersteinen. ZdB. 1903. S. 472.
20. Zementdachplatten. Vgl. u. a. neben den Anm. bei Kapitel IV: T.Z. 1897. S. 849, ZdB. 1890. S. 325 T.Z. 1902. I. S. 18 u. 1902. II. S. 1312, 1347, 1615, Bm. I. S. 224/225, Bm. VIII. S. 102.
21. Zementplattenherstellung, vergl. u. a. neben den Anm. bei Kapitel I (Herstellung und Färbung) und Kapitel IV: D.P.J. 1898. Bd. 307. S. 14 u. 32, T.Z. 1901. II. S. 1636, 1586, 2090, T.Z. 1902. I. S. 436 (DRP. 128336 v. 2. Nov. 1900), T.Z. 1902. II. S. 1277, 1312, 1347, 1526 (DRP. 133846 v. 1. Nov. 1901), 1615, 1824.
22. Herstellung feuersicherer und wetterbeständiger Platten. T.Z. 1900. I. S. 863.
23. Weiße Ausschläge auf Zementplatten und Dachsteinen; vgl. neben den Literaturangaben in Kap. IV: T.Z. 1902. I. S. 402, T.Z. 1902. II. S. 1416, T.Z. 1901. I. S. 804 u. 1049.
24. A. Martens, Betrachtungen über Zementmörtel und Beton. B.M. 1897. S. 89; ebendaselbst S. 81: M. Gary, Mangelhafte Betonmischungen.
25. M. Gary, Mangelhafter Beton. B.M. 1900. S. 233.
26. Zementfliesenprüfung. B.M. 1902. S. 109 sowie d. Aufs. v. H. Burchartz in B.M. 1903. Heft 4—6. S. 216 u. f.
27. Konservierung der Zementkunststeine. Bm. VII. S. 95.
28. Preisverzeichnis usw. von Otto Böklen, Zementdielenfabrik in Lauffen am Neckar.
29. Desgl. von Paul Öhmichen-Greiz über Stoltes Stegzementdielen, usw. usw.

---

30. Der Gips u. seine Anwendung. Von Marco Pedrotti. A. Hartlebens Verl. Wien, Pest, Leipzig 1901.
31. Das kleine Gipsbuch, bearbeitet im Auftrage des Vereins Deutscher Gips-Fabrikanten.
32. Treibwirkungen einer Kunststeinmasse. T.Z. 1899. II. S. 1163.
33. Herstellung künstlicher Gipsbausteine durch Guß. T.Z. 1900. I. S. 89.
34. Steinmassen aus gebr. Gips. T.Z. 1900. II. S. 2076.
35. Marmorartige Kunststeine (v. Gran). Bm. I. S. 88 u. 116, desgl. Deutsche Chem.-Zeitg. 1896. S. 227, ferner Carrara-Masse (v. L. Usinger Nchflg. Wiesbaden). DB. 1903. S. 259.
36. Scagliol-Baumaterial. Bm. I. S. 162/163.
37. H. Burchartz, Ergebnisse der Untersuch. von Scagliola-Bautafeln. B.M. 1893. S. 294.
38. Mackolith. DB. 1897. S. 104.
39. Gips-Asbest-Stein (DRP. 146244). T.Z. 1903. II. S. 2144.
40. Gipsguß-Steinmasse mit Sägespänen usw. Schw. Bztg. 1898. Bd. 32. S. 46.
41. De Bruynsche Steinmasse. Bm. I. S. 194; vergl. auch das Heft: Das De Bruynsche Bausystem, herausgegeben v. Max Schündler, Zwickau i. Sa.
42. Macks Gipsdielen u. Hohlgipsdielen, vergl. das von der Firma A. u. O. Mack in Ludwigsburg in Württemberg herausgegebene Heft.
43. Gipsdielen, vergl. u. a. das Preisverzeichnis der Firma Friedrich Euling — Gipswerke zu Ellrich am Harz, ferner DB. 1897. S. 1043, 128 (Bewährung von Santorin), T.Z. 1903. II. S. 1588 usw.
44. M. Gary, Pariser Gips. B.M. 1901. S. 1.
45. Das Färben von Gips. T.Z. 1900. II. S. 1640.
46. Terranova, herausgegeb. v. d. Terranova-Industrie Freihung, C. A. Kapferer und Schleuning. II. Aufl. 1895, vergl. auch B.M. 1892. S. 183 (Prüfung).

V. Schwemmsteine und Kunsttuffsteine.

1. Anton Hambloch, Der rheinische Schwemmstein u. seine Anwendung in der Bautechnik. Selbstverlag. Bm. VIII. S. 311; denselben Gegenstand behandelt eine Broschüre d. Firma Huballek u. Co., Weißenthurm a. Rh., im Selbstverlage.
2. H. Wolffram, Mitteilungen über einige Baumaterialien der vulkanischen Eifel. Verlag J. Seiling München 1885. S. 41 u. 42.
3. Rheinische Schwemmsteine. Baufach-Ztg. 1897. Nr. 50 v. 10. Dezember.
4. Bewährung der rhein. Schwemmsteine im Schadenfeuer. ZdB. 1903. S. 272.
5. Herstellung von Bausteinen nach Art der Tuff- und Schwemmsteine. Bm. V. S. 419.
6. Bimsstein als Baumaterial. D.P.J. Bd. 302. S. 272/273; bespr. wird im bes. der Isolierbimsstein v. Schneider. Vergl. auch die Broschüren der letzteren Firma zu Neuwied a. Rh. Isolierbimsdecke und Isolierbimsmaterial.
7. Künstliche Schwemmsteine. (DRP. 116058). DB. 1901. S. 247/248, Bm. V, S. 419, ZdB. 1901. S. 372.
8. Künstlicher Bimsstein (DRP. 57682 u. 129294). T.Z. 1902. I. S. 558; desgl. T.Z. 1903. II. S. 2145. (Hier wird auch das DRP. 146688 vom 14. Sept. 1901 bespr.)
9. Meurer-Steine — eine Art Schwemmsteine —. DB. 1901. S. 558.
10. Herstellung von künstlichen Bimssteinkörpern aus Bimssand. T.Z. 1902. I. S. 558.
11. Schwemmsteinpresse. T.Z. 1903. I. S. 277.
12. Formsteine aus Tuffabfällen von Neffgen (DRP. 80032). Bm. I. S. 226.
13. Kieselgur als Baustoff. T.Z. 1899. S. 1689.
14. Kieselgursteine. Österr. Zeitschr. für Berg- und Hüttenwesen 1891. S. 260.
15. Kunsttuffsteine v. Dr. L. Grothe-Ülzen. T.Z. 1897. S. 238. Vergl. auch die Broschüre der Firma.
16. Feuerbeständigkeit des Kunsttuffsteines von Dr. L. Grothe-Ülzen. Zeitschr. f. Bauhandwerker 1899. S. 101. Desgl. Bm. I. S. 132.
17. Steine aus Infusorienerde. T.Z. 1899. II. S. 1689.
18. Kunsttuffsteine, Broschüre der Sächs. Korkst.- u. Isoliermittel-Fabrik zu Einsiedel bei Chemnitz.

VI. Schlackensteine.

1. Verwendung von Hochofenschlacke. T.Z. 1897. S. 163, D.P.J. Bd. 279. S. 22/23, Bm. IV. S. 143.
2. W. Lührmann, Mauersteine aus granulierten Schlacken (Darstellung nebst geschichtlicher Entwickelung). T.Z. 1898. S. 36, 37.
3. Schlackenziegel. Bm. III. S. 134, Bm. IV. S. 143, T.Z. 1896. S. 870, 1903. I. S. 269, T.Z. 1898. S. 997. St. u. E. 1897. S. 991 (von W. Lührmann), D.P.J. Bd. 305. S. 72, Berg- u. Hüttenmänn.-Ztschr. 1896, S. 324 u. H.Z. 1897, S. 407.
4. Schlackensteine. T.Z. 1897. S. 467 u. f., T.Z. 1898. S. 36/37, T.Z. 1899. II. S. 1437, Zeitschr. für Bauhandwerker 1899. S. 127.
5. Meyer-Osnabrück, Die Fabrikation von Schlackensteinen, Vortrag. T.Z. 1899. I. S. 253.
6. Dr. R. Zsigmondy, Über Hochofenschlacken und deren Verwendung (im besonderen in England). D.P.J. Bd. 279. S. 47 u. 69.
7. Otto Vogel, Verwendung von Hochofenschlacke zu Bauzwecken. (Ein Beitrag zur Geschichte der Schlackenfabrikation.) St. u. E. 1898. S. 178.
8. Hochofenschlacke, das zur Herstellung von Steinen geeignete Rohmaterial. T.Z. 1903. I. S. 269.
9. Schlackensteine der Sophienhütte in Wetzlar. Z. d. V. D. I. 1900. S. 158, Bm. V. S. 109.
10. Schlackenziegel der Alexandrowskihütte in Yekaterinoslaw. St. u. E. 1898. S. 715, desgl. St. u. E. 1890. S. 625, 1891. S. 72, 1897. S. 991. — Bm. III. S. 137.
11. Über Schlackenziegelfabrikation in der Böhm. Montan-Gesellschaft. T.Z. 1896. S. 870.
12. Schlackensteine aus Kesselfeuerung zu Pflastersteinen. T.Z. 1901. II. S. 1297.
13. Hochofenschlackensteine (DRP. 138312). T.Z. 1903. I. S. 642.
14. Fliesensteine aus Hochofenschlacke. St. u. E. 1902. S. 407, H. Z. 1900. S. 310.
15. Erfahrung über die Verwendung von Schlacken-Pflastersteinen. Zeitschr. f. Transp. u. Straßenb. 1895. S. 70 u. 1896. S. 39.
16. Pflastersteine aus Schlacken. D.P.J. Bd. 305. S. 47.
17. Schlackensteine aus der Kupferhochofenschlacke von Mansfeld. D.P.J. 1897. Bd. 305. S. 47 u. 118.
18. Schlackenwolle. T.Z. 1902. II. S. 1118.
19. Steine aus Schlackenwolle. T.Z. 1902. I. S. 727.
20. Isoliersteine aus Schlackenwolle. T.Z. 1903. II. S. 1768.

VII. Magnesiumsteine[1]) und Korksteine.

1. Magnesitvorkommen. T.Z. 1900. I. S. 691, desgl. im besond. auf der Insel Euböa. T.Z. 1900. II. S. 1469.
2. Verfahren zur Herstellung eines Magnesiazementes. Bm. IV. S. 377.
3. Kunststeine aus Magnesiazement. T.Z. 1896, S. 770, T.Z. 1900. I. S. 962, T.Z 1902. I. S. 558, T.Z. 1901. II. S. 2115, T.Z. 1902. II. S. 1379, desgl. Bm. I. S. 178/179, Bm. IV. S. 377, Bm. V. S. 287.

[1]) Hierbei sei im besonderen auf die reichhaltige Literatur-Nachweisung v. Kap. VIII verwiesen.

4. Magnesitplatten. Vergl. u. a. die Broschüre der Deutschen Magnesitwerke zu Berlin N.
5. Magnesitziegel. T.Z. 1902. I. S. 162.
6. Magnesitplattenanstrich. DB. 1900. S. 408.
7. Magnesia-Asphaltstein. Töpfer- u. Ziegler-Zeitg. 1892, Chem.-Techn. Repet. 1892. II.
8. Steinholz. Vergl. u. a. DB. 1892. S. 244/245, T.Z. 1900. II. S. 1183, B.M. 1888. S. 164 u. f. (Prüfung), sowie die Broschüre der Firma Otto Sening u. Co. zu Potschappel bei Dresden.
9. Torgament. Vergl. u. a. die Broschüre von Franz Lehmann u. Co., Leipzig.
10. M. Gary, Feuersichere Isoliermaterialien. T.Z. 1901. II. S. 1299.
11. Der Korkstein. DB. 1881. S. 76, Bm. I. S. 146, Bm. V. S. 396, D.P.J. Bd. 303. S. 96.
12. Der Kork und seine Verarbeitung. Bm. V. S. 326 und 375.
13. Korksteine. Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1896. S. 232.
14. Die Korkindustrie in Portugal. Bm. VIII. S. 75.
15. Korkpflaster. D.P.J. 1897. Bd. 303. S. 24, H.Z. 1896. S. 48.
16. Kork-Fundament-Platten für Maschinen. T.Z. 1900. II. S. 1497.
17. M. Gary, Die Prüfung der Eigenschaften von Baukörpern aus Kork. B.M. 1901. S. 45 u. f.
18. Federharz- und Korkpflaster. Bm. I. S. 279.
19. Haupt-Katalog der Korksteinfabrik Grünzweig und Hartmann zu Ludwigshafen a. Rh. — zugleich ein empfehlenswertes Buch über die Verhältnisse der Korksteinindustrie. Im besonderen finden sich hier auch die vergleichenden Untersuchungen über den Wärmedurchgang bei Korksteinen und anderen Materialien zusammengestellt. Vergl. hierüber weiter: Zeitschr. für die gesamte Kälte-Industrie. IX. Jahrg. Heft IV. S. 71, DB. 1897. S. 619, desgl. 1896. S. 595, Gesundheitsingen. 1886. Nr. 16 u. 17 (vergleichende Versuche über Wärmedurchlässigkeit verschiedener Bau- u. Bedachungsmaterialien von Dr. C. Grünzweig) sowie das Ingen.-Taschenbuch „Hütte", und die Broschüre: Zur Technik der Kälte-Industrie von Grünzweig und Hartmann.
20. R. Stumpf-Leipzig-Plagwitz, Korksteine und Korksteinplatten für Bauzwecke verschiedenster Art.

VIII. Asphaltsteine, Glassteine, Asbeststeine, Torfsteine und verschiedene Kunststeine.

1. Dr. H. Köhler, Die Chemie und Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte. Braunschweig 1904. Verlag von Fr. Vieweg u. Sohn. S. 189—193 u. 208.
2. Dietrich, Die Asphaltstraßen. Berlin. S. 139 u. f.
3. Asphaltsteinplatten. Z.d.B. 1902. S. 44.
4. Asphaltbetonplatten. Schw. Bztg. 1900. Bd. 35. Nr. 21. S. 228.
5. Asphalt-Zement-Pflastersteine. T.Z. 1903. II. S. 2145.
6. Bitumelith. B.M. 1891. S. 305—307.
7. M. Gary, Prüfung von künstlichem Asphalt. B.M. 1897. S. 74.
8. Musterbuch über die Glasbausteine Patent Falconnier und deren Anwendungen, herausgegeben von dem Glashüttenwerke „Adlerhütten" bei Penzig in Schles.
9. Preisverzeichnisse der Glashüttenwerke A.-G. zu Soest i. W., desgl. der Sächs. Glaswerke A.-G. zu Deuben i. Sa. (vergl. auch Bm. V. S. 352).
10. Glasbausteine der Gesellsch. f. Glasindustrie vorm. Fr. Siemens zu Dresden. ZdB. 1903. S. 212.
11. Künstliche Steine aus Glasabfällen. Bm. I. S. 146.
12. Keramo-Steine. DRP. 91203 u. 109712; vergl. die Broschüre der Adlerhütten zu Penzig i. Schles.; über Prüfungsergebnisse vergl. B.M. 1903. Heft 5/6. S. 295.
13. Das Ganze der Asbest-Verarbeitung. Verlag der Gummi-Zeitung. Dresden 1903.
14. Asbest-Platten für Dachdeckungszwecke. T.Z. 1903. II. S. 1543, 1760.
15. Herstellung einer marmorartigen Asbestkunststeinmasse. T.Z. 1902. I. S. 642.
16. Plastische Massen aus Asbestfasern (Pyrogranit). Bm. I. S. 193.
17. Asbestkunststeine. T.Z. 1902. I. S. 951—952.
18. Uralit (eine feuersichere Asbestmasse). T.Z. 1901. I. S. 85.
19. H. Schreiber, Neues über Moorkultur und Torfverwendung. Verlg. G. E. Schulze-Leipzig 1902.
20. G. Lang, Über Verwendung von Torf im Gewerbe- u. Bauwesen. Hannov. Gewerbebl. 1894. S. 83.
21. Torf als Baustoff. Bm. VIII. S. 33.
22. Dachziegel aus Holzschliff. D.P.J. Bd. 304. S. 154.
23. Steine aus Papier. Bm. I. S. 180. Bausteine aus Seeschlick. T.Z. 1899. S. 340, H.Z. 1897.
24. Künstliche Pflastersteine aus Papier und Holz. Zeitschr. für Transportwesen 1889. S. 306.
25. Gummi-Straßenpflaster. Bayr. Ind.- u. Gew.-Bl. 1890. S. 55—58, desgl. Wochenbl. f. Bauk. 1888. S. 90.
26. Herstellung eines Kunststeines nach dem D.R.P. 127468 (v. 9. Febr. 1901). T.Z. 1902. I. S. 395.
27. Lithoidsteine (von Amelung in Petersburg). Bm. II. S. 355.

LEHRBUCH

DER

BAUMATERIALIENKUNDE

ZUM GEBRAUCHE AN

TECHNISCHEN HOCHSCHULEN UND ZUM SELBSTSTUDIUM

VON

MAX FOERSTER

ORD. PROFESSOR FÜR BAUINGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

HEFT II — 2. LIEFERUNG

DIE KÜNSTLICHEN STEINE

ZWEITER TEIL.

DIE ZIEGELSTEINE UND TONWAREN

MIT 203 ABBILDUNGEN IM TEXT

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1911

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz A. G., Würzburg.

SF
F68
Z
2

Vorwort.

Nach längerer Zeitspanne erscheint die Fortsetzung des Lehrbuches über Baumaterialienkunde in dem vorliegenden zweiten Teile der „künstlichen Steine“, der sich mit den Ziegeln, ihrem Rohmateriale, dessen Auftreten, seinen Eigenschaften, seiner Vorbereitung und Verarbeitung und anschließend mit der Formgebung und Verfertigung der Ziegel sowie deren verschiedenen, im Baufache verwendeten Arten befaßt. Dabei ist, wie bei den früheren Lieferungen des Werkes, in allererster Linie auf die Bedürfnisse der Architekten und Bauingenieure eingegangen, für welche das vorliegende Lehrbuch bestimmt ist; deshalb bringt die vorliegende Bearbeitung auch — namentlich im Hinblicke auf die maschinellen Hilfsmittel, die gerade hier eine besondere Rolle spielen, weniger Einzelheiten als die Werke, welche sich an den Keramiker selbst wenden, sondern sie bemüht sich, nur das grundsätzlich Wichtige, dessen Verstehen für die Eigenart und die Eigenschaften der Ziegel für den Baufachmann von Bedeutung erscheint, in zusammengefaßter Form zu erörtern.

Dabei ist auch dem Rohstoffe, dessen geologischem Vorkommen und dessen chemischer Zusammensetzung wegen seiner grundlegenden Bedeutung für die gesamte Fabrikation ein breiterer Raum eingeräumt worden.

Möge es dem Verfasser gelungen sein, aus der übergroßen Menge des vorliegenden Stoffes das herausgewählt und herausgehoben zu haben, das für die Materialkenntnis des Architekten und Bauingenieurs bedeutungsvoll ist; möge auch die vorliegende Lieferung dazu beitragen, das leider noch heute in den genannten Baukreisen nicht selten wenig rege Interesse an der Materialkunde zu beleben und zu vertiefen, zugunsten einer besseren technischen Allgemeinbildung.

Zu besonderer Freude gereicht es mir, auch an dieser Stelle der Verlagsfirma Wilhelm Engelmann zu Leipzig meinen besonderen Dank und meine uneingeschränkte Anerkennung für die Ausstattung der vorliegenden Lieferung aussprechen zu können.

Die weiteren Abschnitte sind soweit vorbereitet, daß die Fertigstellung des gesamten Werkes in Jahresfrist in bestimmte Aussicht gestellt werden kann. Der nächste Teil: „Das Holz“ befindet sich bereits im Druck.

Dresden im Februar 1911.

Professor **M. Foerster.**

Die außenstehenden Seitenzahlen beziehen sich auf das gesamte Lehrbuch, die innenstehenden nur auf den vorliegenden Teil desselben.

Inhaltsverzeichnis.

Die Ziegelsteine und Tonwaren. Seite

Kapitel XIII. Geschichtliche Notizen über die Entwickelung des Ziegelbaues . . . . . 247—250
§ 41. Die Grundzüge der geschichtlichen Entwickelung . . . . . 247—250

Kapitel XIV. Das Rohmaterial zur Herstellung der Ziegelsteine und Tonwaren . . . . . 250—270
§ 42. Die Entstehung der Tonlager . . . . . 250—252
§ 43. Die Tonsubstanz und die Tonablagerungen in der Natur . . . . . 252—254
§ 44. Die verschiedenen Arten des Tones . . . . . 254—256
§ 45. Die Normalfärbung der Tone beim Brennen . . . . . 257—258
§ 46. Schädliche Beimengungen im Rohtone . . . . . 258—262
§ 47. Magerungs- und Flußmittel . . . . . 262—263
§ 48. Die Prüfung des Rohtons . . . . . 264—270

Kapitel XV. Das Aufbereiten und Gleichartigmachen (Homogenisieren) des Tones . . . . . 270—283
§ 49. Die Gewinnung und Aufbereitung des Ziegeltons im allgemeinen, das Auswintern, Aussommern und Einsumpfen . . . . . 270—273
§ 50. Das Gleichartigmachen (Homogenisierung) der Tone durch Maschinen und besondere mechanische Vorrichtungen . . . . . 273—283

Kapitel XVI. Das Formen, Trocknen und Brennen der Ziegelwaren . . . 284—301
§ 51. Das Formen der Ziegelwaren . . . . . 284—294
§ 52. Transportgeräte und Vorrichtungen bei der Ziegelherstellung . . . . . 295—296
§ 53. Das Trocknen der Ziegelwaren . . . . . 296—301

Kapitel XVII. Das Brennen und Nachbehandeln der Ziegelwaren . . . . 302—315
§ 54. Der Brennbetrieb im allgemeinen . . . . . 302—305
§ 55. Die allgemeine Anordnung der Brennöfen . . . . . 305—313
§ 56. Das Graufärben, Engobieren und Glasieren der Ziegelwaren . . . . . 314—315

Kapitel XVIII. Die Ziegelwaren und ihre Eigenschaften . . . . . 316—345
§ 57. Mauersteine . . . . . 316—331
§ 58. Dachsteine . . . . . 331—338
§ 59. Tonrohre, Tonplatten, Terrakotten und Ofenkacheln . . . . . 338—343
§ 60. Ausblühungen von Ziegelsteinen . . . . . 343—345

Literaturnachweisung . . . . . 345—346
Sachverzeichnis . . . . . 347—350

Die Ziegelsteine und Tonwaren.

Kapitel XIII.

Geschichtliche Notizen über die Entwickelung des Ziegelbaues[1]).

§ 41. Die Grundzüge der geschichtlichen Entwickelung.

Schon in den ältesten geschichtlichen Zeiten wurden, wahrscheinlich nach dem Vorgange der alten ostasiatischen Kulturländer, zunächst ungebrannte, an der Sonne getrocknete, später gebrannte, dann auch glasierte Kunststeine aus Ton zu baulicher Verwendung benutzt; so finden wir, daß viele der ältesten bekannten, auf unsere Tage hinüber geretteten Bauten Ägyptens[2]) wie Kleinasiens, im Inneren aus ungebrannten Tonsteinen hergestellt, im Äußeren mit gebrannten Ziegeln und Platten verkleidet sind. Viele dieser Bauten, im besonderen im Euphrat und Tigristale[3]), zeigen auch schon die hochentwickelte Kunst, Steine in dauerhaften Tönungen zu glasieren, und aus ihnen größere farbige Tonreliefs von hervorragender Schönheit und Farbenpracht zusammenzusetzen[4]). Gebrannte Tonplättchen wurden auch im alten Griechenland neben der Verwendung von Backsteinen im Tempel- und Burgbau zur Umschließung von Holzbalken verwendet[5]).

[1]) Z. T. nach Dümmler, Handbuch der Ziegelfabrikation. Halle a. S. W. Knapp. 1900. I. S. 3 u. f.

[2]) Herodot berichtet (liber. II, Kap. 136), daß in Ägypten neben Steinpyramiden, deren Kern nicht selten aus Luftziegeln hergestellt worden sei, auch solche ganz aus Ziegeln erbaut wurden; an einer solchen ließ König Achysis eine Steintafel mit folgender Inschrift anbringen: „Halte mich nicht gering im Vergleich mit den steinernen Pyramiden, denn ich rage vor Ihnen ebenso hervor, wie Zeus vor den übrigen Göttern; denn mit der Stange in den See stechend, sammelten sie, was von Schlamm an der Stange hängen blieb, strichen Ziegel daraus und erbauten mich auf solche Weise."

[3]) Herodot berichtet z. B. (liber. I. Kap. 178—179) über die Mauer Babylons, und die Herstellung der gebrannten Ziegel. Vgl. auch I. und II. Buch Moses (Ziegelstreichen in Ägypten), sowie Diodor, II. Buch, Kap. 8 (über die figürlichen Darstellungen an der babylonischen Mauer).

[4]) Aller Wahrscheinlichkeit nach wurden diese Reliefs aus zunächst nur an der Sonne getrockneten Steinen zusammengefügt, aus denen alsdann das Reliefbild plastisch im Zusammenhange herausgearbeitet und mit Glasurmasse bemalt wurde; hierauf wurde das Bildwerk wieder auseinandergenommen, die einzelnen Steine wurden unter Verwendung von Holz als Brennmaterial in Feldöfen gebrannt und nach Abschluß dieses Prozesses schließlich wieder endgültig zum Bildwerke zusammengesetzt. — Vergl. u. a. Kunstgeschichte von A. Schulz.

[5]) Vgl. Z. d. B. 1886, S. 197. Über die griechischen Ziegelbauten gibt u. a. Auskunft Plinius (35. Buch, Kap. 49).

Auch die Etrusker gebrauchten vielfach ungebrannte Lehmsteine zum Hausbau, gebrannte Tonplatten zu Eindeckungsarbeiten[1]), als Ziersteine an Giebeln, Traufen usw. Auch die Römer[2]) benutzten zunächst nur Luftsteine — hergestellt aus Ton, mit geschnittenem Stroh und ähnlichen Stoffen vermengt —, während gebrannte Ziegel allgemein erst von der Zeit des Kaisers Augustus an Anwendung fanden, alsdann aber bis in das vierte Jahrhundert hinein den bevorzugten Baustoff[3]), auch für die Eindeckung der Dächer[4]) bildeten.

Daß die Kunst Roms sich auch auf die von ihm abhängigen Kolonien ausdehnte, war naturgemäß. Die Zeit der Völkerwanderung und die ihr folgenden Jahrhunderte brachten keine Weiterentwickelung, sondern einen Stillstand, ja z. T. einen Rückgang in der Herstellung gebrannter Ziegelsteine; wurde doch das Baumaterial zu Neubauten entweder der Natur oder — und dies bildete vielfach die Regel — älteren Römerbauten entnommen. Hierin Wandel zu schaffen, blieb der arabischen Herrschaft vorbehalten, welche der keramischen Kunst des Orients in Europa — im besonderen in Spanien — eine neue Heimat gab und Ziegelbauten schuf, die in kunstvollster Weise in allen ihren Teilen mit glasierten Tonplatten — nach kleinasiatischer Art — verkleidet waren. Von hier aus ging alsdann diese Kunst nach Frankreich und Italien über.

Abgesehen von altrömischen Ziegelbauten[5]), die sich im besonderen im Gebiete des mittleren und unteren Rheins, so in Holland, finden und sich hier — mit der Kunst der Ziegelherstellung — lange Jahrhunderte gehalten, zeigen sich in Deutschland bis spät in das Mittelalter hinein keine bemerkenswerten Bauten in Ziegel; hier entstanden vorwiegend Holzgebäude, neben ihnen im Kloster-, Kirchen-, Burg- und Festungsbau, Bauten aus natürlichem Gestein. Erst vom Beginne des zwölften Jahrhunderts an finden wir den Backsteinbau in Deutschland wieder, einerseits unter dem Einflusse lombardischer

---

1) Nach dem Handbuch der Architektur II. 2 (Baukunst der Etrusker von J. Durm) hatten die hier verwendeten, oft auch bunt bemalten Plattenziegel z. T. erhebliche Abmessungen, z. B. 0,85 . 1,15 m; ihre Fugen, desgleichen der First, wurden durch Hohlziegel gedeckt; vergl. auch das Notizblatt des deutschen Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins 1882, welches Abbildungen solcher Ziegel enthält, sowie Dr. H. Blümer: die Keramik der Griechen und Römer, in der vorgenannten Zeitschrift, 1879, Heft 3.

2) Vitruv widmet im zweiten Buche seines Werkes „de Architectura" dem Ziegelbau der Römer drei Kapitel; hier unterscheidet er zwischen lateres und testae, erstere waren nur an der Sonne getrocknete, letztere im Feuer gebrannte Steine.

3) Die in dieser Zeitperiode verwendeten Steine zeigen sehr verschiedene Formen und Stärken; wir finden Seitenlängen von 20—60 cm bei Stärken von 2—10 cm; wegen besserer Haftung des Mörtels sind vielfach die Lagerflächen geritzt; auch die verschiedensten Formsteine finden sich bereits.

Eine besondere Art bildeten die sogen. Warzenziegel (tegulae mammatae), Platten mit 4 an den Ecken stark heraustretenden Vorsprüngen, die, nur wenige cm in die Mauer eingreifend, es gestatteten, flache Kanäle zur Führung der heißen Luft, der Feuerungsgase, des Rauches usw. — besonders in den Bädern — zu schaffen.

Viele der Ziegelbauten waren mit einem sehr dicken und dauerhaften Putz verkleidet, manche — besonders die Prachtbauten — auch mit Marmorplatten belegt. Ziegelrohbauten sind selten; unter ihnen verdient ein von Nero aus hellfleischfarbenen Backsteinen ausgezeichneter Güte hergestellter Aquadukt besondere Erwähnung.

4) Hier kommen zur Verwendung flach gewölbte Hohlsteine, ähnlich der bekannten Mönch- und Nonnenform, später auch Flachziegel mit aufgebogenen Rändern und sattelförmigen Deck-Hohlziegeln. Die Abmessung der Steine war zum Teil recht erheblich: Breite = 20—85 cm, Länge = 30—117 cm. Die Hohlziegel an der Traufe waren vielfach durch einen Stein abgeschlossen, welcher besondere Kunstform zeigte. Die Luft- und Lichtzuführung wurde durch Haubenziegeln bewirkt; auch finden sich schon Lichtziegel mit eingegossener Glaseinlage.

5) In Deutschland dürften Mauerwerksteile am Dom zu Trier die älteste Backsteinverwendung sein und nach der Steinart und ihrer Form auf die Tage des Kaisers Augustus zurückweisen.

Baumeister[1]), begünstigt durch die Römerzüge der deutschen Fürsten und die von diesen veranlaßte Einbürgerung italienischer Kolonisten, andererseits befördert durch Einwanderung aus dem, unter starken Verheerungen durch das eindringende Meer dauernd schwer leidenden Holland. Als erste Pflanzstätten der neu auflebenden Ziegelarchitektur sind insbesondere Mecklenburg und Brandenburg zu nennen; von hier aus breitete sich die Bauweise unter der Herrschaft der Hansa sowie dem Einflusse des deutschen Ritterordens bald weiter in den Ländern der Ostsee aus und aus ihr entstand in schneller glücklicher Entwickelung die hochbedeutsame, nordische Backsteinarchitektur[2]).

In der Zeit der Renaissance fanden die Ziegelsteine zu wichtigeren Bauten in Deutschland nur an wenigen Stellen — so in Mecklenburg — Verwendung; nur die Dachziegel wurden beibehalten und weiter entwickelt[3]).

Erst durch die Entwürfe und Ausführungen Schinkels in Berlin, Hases in Hannover wurde der Ziegelbau, besonders der Rohbau, neu belebt. Hierzu kamen — am Beginne der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts — bedeutsame Fortschritte in der Herstellung sowohl der gewöhnlichen Steine als auch eines allen Anforderungen der Baukunst entsprechenden Verblendmaterials; hier ist zu erwähnen die Erfindung und Ausbildung der Strangpresse von C. Schlickeysen und anderen, die Erfindung des Ringofens durch den genialen Friedrich Hoffmann in Siegersdorf, die Herstellung von Lochsteinen (von A. Augustin in Lauban zuerst im Großen erzeugt), schließlich die Einführung (1870) eines einheitlichen Steinformates für den Normalstein (24 . 12 . 6,5 cm)[4]), desgl. für Verblender (252 . 122 . 69 mm) sowie für eine Reihe vielfach üblicher Profile und zwar auf Vorschlag des Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln usw. in Gemeinschaft mit dem Berliner Architektenverein.

Die weitere und neueste Entwickelung endlich wird bezeichnet, durch das Bestreben, die Erzeugnisse der Ziegeltechnik durch eingehendste Untersuchung und Verbesserung des Rohmaterials, durch Vervollkommnung der Vorbereitungs- und Formgebungsmaschinen, durch Verbesserung des Brennprozesses allen Anforderungen einerseits

[1]) Vergl. O. Stiehl: der Einfluß Oberitaliens auf die Entstehung des nordischen Backsteinbaues im 12. Jahrhundert, D. B. 1894. S. 634. Über die Entwickelung des Ziegelbaues in der Lombardei siehe: L. Runge, Beiträge zur Backsteinarchitektur Italiens und L. Gruner, the Terra-cotta Architecture of North-Italy. London, 1867.

[2]) Die nordischen Ziegelsteine zeigten Länge von 23—30 cm bei einer Breitenabmessung von 11—14 cm und 8—10 cm Stärke; daneben gab es auch eine große Reihe verschiedenartiger Formsteine. Größere oder besonders gestaltete Steine, Ornamente usw. wurden aus dem lufttrockenen Tone geschnitten und dann gebrannt. An Dachziegeln waren im besonderen drei Arten üblich: Mönch- und Nonnen, Pfannen und Bieberschwänze. Von Glasuren finden sich grüne, schwarze und braune Schmelzen, eine Kunst, die aller Wahrscheinlichkeit nach durch die Kreuzzüge aus dem Orient wieder eingeführt wurde.

Die Kunst, Formsteine, Terrakotten usw. — in Gipsformen herzustellen, dürfte erst später aus Oberitalien nach dem Norden gebracht worden sein. Vergl. über die nordischen Backsteinbauten u. a. Steinbrecht, Untersuchungs- und Herstellungsarbeiten am Schlosse Marienburg, Z. d. B. 1885, S. 391, ferner den Aufsatz über die Technik der romanischen Backsteinbauten in d. Z. f. A. u. Ing. 1897, Nr. 3 u. 4, sowie: W. Narden: Zur Backsteinfabrikation im Mittelalter, D. B. 1885, S. 532, F. Adler, Mittelalterliche Backsteinbauten des Preußischen Staates, sowie von demselben: Geschichtliche Übersicht der Entwickelung des Backsteinbaues bis in unsere Zeit, D. B. 1869 und 1871, schließlich: R. Neumann, Über den Backstein. Ernst u. Korn, Berlin 1879.

[3]) Damals wurden schon Falzziegel — unseren jetzigen ähnlich — hergestellt, vergl. D. B. 1871, S. 183.

[4]) Neben diesen findet sich in Norddeutschland — wenn auch selten — noch ein Format 22 . 10,5 . 6,5, in Bayern ein solches: 29 . 14 . 6, in Österreich 29 . 14 . 6,5, jedoch sind auch im letzteren Lande Bestrebungen im Gange, das deutsche Format einzuführen.

anzupassen, andererseits neue Anwendungsgebiete dem Backstein zu erschließen, in dauernder Wechselwirkung stehend mit den Anforderungen der baulichen Praxis. Hier erscheinen erwähnenswert die große Anzahl der heut zum Bau ebener Decken verwendeten Formsteine aller Art, die Hohlsteine zum Schutze der Eisenbauten gegen Feuer, die neueren Falz- und Strangfalzziegel für die Eindeckung der Dächer, die in bezug auf ihre Festigkeit den Natursteinen nahe kommenden Klinker, die große Gruppe der künstlerisch hoch entwickelten Tonplatten für Boden- und Wandverkleidungen, die kunstvollen Terrakotten, ferner das Gebiet der feuerfesten Ziegel und Tonwaren, schließlich die Tonrohre und die ihnen verwandten Erzeugnisse der Keramik.

Kapitel XIV.

Das Rohmaterial zur Herstellung der Ziegelsteine und Tonwaren.

§ 42. Die Entstehung der Tonlager.

Die zur Herstellung der gebrannten Tonwaaren aller Art verwendeten Tone gehören nicht zu den Stoffen, welche bei der ursprünglichen Bildung der Erdoberfläche mitgewirkt haben. Sie sind vielmehr erst aus den Urgesteinen durch einen einfachen oder verwickelten Verwitterungsvorgang geschaffen, durch einen einfachen unter der ausschließlichen Einwirkung wässeriger, vielleicht heißer Lösungen in Verbindung mit Kohlensäure und Sauerstoff, durch einen verwickelten, infolge der verschiedenartigsten chemischen Einflüsse.

In mechanischer Weise wirkten hierbei ein die Wärme, die zerstörende Kraft des in die feinsten Haarrisse und Poren des Gesteins eindringenden Wassers, der Wind, z. T. auch das auf den Steinen sich ansiedelnde Pflanzenleben, während in chemischer Hinsicht die Verwitterung befördert wurde durch den Einfluß kohlensäurehaltigen Wassers[1]) durch Sauerstoff, durch Humus- und Ameisensäure, durch aus den Gesteinen entstandene Salzlösungen aller Art usf. Da die chemische Wirkung eines jeden Stoffes im Verhältnis zu seiner wirksamen Masse steht und in diesem Sinne die Zuführung der Lösungsmittel zu dem in großen Mengen in der Natur vorkommenden Gestein eine, wenn auch langsame, so doch dauernd stetige ist, so wird die Menge der Verwitterungserzeugnisse eine sehr große und der Verwitterungsvorgang von langer Dauer and großer Stetigkeit sein.

Für die Entstehung des Tones sind die Silikate und die aus ihnen sich zusammensetzenden Gesteine von hervorragender Bedeutung. Im besonderen kommen als Mineralien hier in Frage in erster Linie die Gruppe der Feldspate, alsdann die feldspatähnlichen Silikate, Elaeolith, Nephelin, Leuzit, die Zeolithe[2]) usw., ferner die Magnesiasilikate (Hornblende, Augit, Glimmer, Olivin, Serpentin, Diallag usf.). Die Verwitterung geht hier

[1]) Im besonderen ist diese Einwirkung von Bedeutung für alle Karbonate. Während z. B. 10000 Teile reinen Wassers nur 0,13 Teile kohlensauren Kalkes zu lösen vermögen, gehen bei 10000 Teilen kohlensauren Wassers 10 Teile der genannten Verbindung in Lösung über.

[2]) Das sind wasserhaltige, kieselsäurearme Kalk- (auch Kali- und Natron-) Feldspate, die sich ähnlich den eigentlichen Feldspaten zersetzen.

in der Art vor sich, daß sich aus der Tonerde Tonsubstanz (Kaolin) bildet, während Kieselsäure und Basen frei werden, wobei letztere in lösliche Verbindungen übergehen; so kann man sich z. B. die Entstehung des Tones aus einem normalen, von Eisen usw. freien Kalifeldspat durch die chemische Beziehung:

$$\underbrace{3\,Al_2O_3\,12\,SiO_2\,3\,K_2O}_{\text{Kali-Feldspat}} = \underbrace{3\,Al_2O_3\,4\,SiO_2}_{\text{Kaolin}} + \underbrace{8\,SiO_2\,3\,K_2O}_{\text{lösliches Kalisilikat}}$$

darstellen. Es sei jedoch bemerkt, daß die Zersetzung der Feldspate nur selten so weit und so rein vor sich zu gehen pflegt; meist zeigt sich das Endprodukt als eine Vermengung vollkommener und unvollkommener Verwitterung, sowie von löslichen und unlöslichen verschiedenartigsten Bestandteilen; dies gilt im besonderen auch von den vorstehend neben den normalen Feldspaten angeführten anderen Silikaten und deren Umbildung, dem unreinen Ton. Die Ansicht, daß Kaolin eine weiter fortgeschrittene Stufe der Verwitterung, als der gewöhnliche unreine Ton darstellt, ist heut als nicht zutreffend anerkannt; einerseits findet sich in der Natur entweder Kaolin oder unreiner Ton — Zwischenstufen, welche durch eine gleichartige fortschreitende Bildung bedingt sein müßten, werden nirgends angetroffen — und andererseits zeigen bestimmte Mineralien und Gesteine die Neigung sich nur in Kaolin, andere sich nur in Ton umzusetzen.

Bei der Zersetzung des Granits werden Kali, Natron, Magnesia und Kalk in Form löslicher kohlensaurer oder kieselsaurer Verbindungen fortgeführt; als Rückstand verbleibt ein fetter, weißlich gefärbter Ton, mit Quarzsand und amorpher Kieselsäure vermischt; oft zeigen sich auch noch die schwieriger zersetzbaren Glimmerschüppchen. Bei Vorhandensein von Eisen erhält der Ton eine gelbliche Färbung.

Ähnlich — wenn auch wegen seines in der Regel starken Glimmergehaltes langsamer — zersetzt sich der Gneis; es entsteht meist ein ockergelb gefärbter Tonschlamm mit Glimmerplättchen, Quarz und Gneisteilchen durchmengt.

Die Zerstörung des Porphyr wird durch Verwitterung einiger Feldspatkristalle, ihre Umwandlung in Kaolin und Ausspülung dieses eingeleitet; in den so gebildeten Hohlräumen wirken alsdann die oben genannten Agenzien, die Hauptmasse in einen mehr oder weniger fetten Ton von weißer — bzw. bei Gegenwart von Eisen gelber — Farbe umwandelnd; in diesem bleiben zurück pulverförmige Kieselsäure, Quarzkörner, Feldspatstückchen, während als Auslaugungsprodukte in besonderem Silikate und Karbonate von Natrium und Kalk fortgeführt werden. Nicht selten ist der Sand in solchen Mengen im Rückstande vorhanden, daß der ziemlich reine Ton in Lehm übergeht.

Trachyte verwittern bei großem Quarzgehalte langsam und ergeben einen bald weißen, bald ledergelben Ton, der bei hohem Sandgehalte in Lehm übergehen kann, sonst aber ein dem Kaolin nahe verwandtes Rohmaterial liefert.

Die Verwitterung des Tonschiefers ist besonders in Gegenwart von Schwefel eine starke und schnelle; hier entsteht durch Oxydation und unter Einwirkung des Wassers Schwefelsäure, welche sowohl mit dem Eisen als auch zum Teil mit dem Feldspate lösliche Salze bildet.

Unter Fortführung der Karbonate von Kalium, Natrium, Kalk, Magnesia, ferner von Alaun, entsteht bei an Feldspat reichen Tonschiefern ein fetter ockerbrauner Ton, der nicht selten gemagert wird durch fein verteilten Quarzsand, Hornblendeteilchen, Glimmer und Chloritschüppchen. Ist der Tonschiefer arm an Feldspat, so bildet sich in der Regel ein stark verunreinigter, sandiger, gelber bis brauner Lehm oder Letten.

Ähnliche Zersetzungsprodukte liefern auch die jüngeren, aus einer Sedimentation älterer Gesteinstrümmer entstandenen Tonschiefer. Da in ihnen Ton auch

als Bindemittel auftritt, so dürfte ersichtlich sein, wie verschiedenartig gerade hier die Zersetzungsprodukte ausfallen müssen.

Diorit verwittert besonders stark bei Anwesenheit von Kalk. Es bildet sich grünlich-gelber Ton, reich an Kieselsäure, Eisenverbindungen und Gesteinsrückständen aller Art. Die Bikarbonate des Kaliums, Natriums, des Kalks und der Magnesia gehen in Lösung. Auf ähnliche Weise liefert auch kalkhaltiger Melaphyr einen braunrot gefärbten Eisenton.

Die Basalte schließlich ergeben bei ihrer, wegen der Dichtheit des Gefüges immerhin langsam vor sich gehenden Verwitterung, lederbraune, oft mit viel Sand, Gesteinstrümmern und kohlensaurem Kalk vermischte Tonarten, die sich als Lehm und Lehmmergel darstellen.

Wie aus dem voranstehenden ersichtlich, ist die Benennung Ton ein Sammelbegriff, und zwar wird hierunter nach Bischoff jedes tonerdehaltige Silikat verstanden, welches durch Aufnahm von einer gewissen Wassermenge einen zur Formgebung ausreichenden Bildsamkeitsgrad erlangt, den es durch Austrocknen vorübergehend, durch Brennen im Feuer dauernd verliert. Über die große Verschiedenartigkeit der Tone sagt Türrschmiedt[1]):

„Wir kennen die großen quantitativen Differenzen in den Gemengteilen der Urgesteine, die fast noch größeren in der chemischen Beschaffenheit solcher Gemengteile, ebensolche Differenzen in der Zusammensetzung der jüngeren vulkanischen Gesteine, und wenn wir sie alle — diese für den Gedanken kaum noch zu bewältigenden Massen — uns unter der Wirkung des Verwitterungsprozesses vorstellen, dessen Einfluß chemisch und mechanisch sehr verschieden sich betätigt, so haben wir den vollständigen Begriff von der Materie, welche die Wissenschaft mit dem Namen Ton verbindet. Wären die Muttergesteine immer von gleicher Beschaffenheit, wäre der Verwitterungsprozeß immer derselbe, oder erreichte er immer dasselbe Stadium, so könnten die Tone einen gleichmäßigeren Charakter gewinnen.

Nun haben wir aber so viel Tone wie die Muttergesteine Varietäten aufweisen und so viel Tonvarietäten als Verwitterungsprozesse denkbar sind, um ein Muttergestein in Ton zu verwandeln. Daher gibt es kein Tonlager, das dem anderen absolut gleich wäre; die Haupteigenschaften stempeln es zu Ton, während die zahlreichen Varietäten von der Fabrikation zu beachten sind, da nach ihnen der Ton zu behandeln und zu bearbeiten bleibt."

§ 43. Die Tonsubstanz und die Tonablagerungen in der Natur.

Das Eigenartige der verschiedenen Tonablagerungen ist das Vorhandensein der, dem reinen Kaolin sehr nahe stehenden Tonsubstanz, des plastischen Bestandteiles im Ton. Diese Tonsubstanz ist im weiteren Sinne als eine wasserhaltige kieselsaure Tonerde, vermengt mit kieselsauren Erden, Alkalien und Eisen, im engeren chemischen Sinne hingegen als ein Hydrosilikat des Aluminiums, als eine amorphe, wasserhaltige, kieselsaure Tonerde aufzufassen. In der Natur findet sich die Tonsubstanz (ausgenommen in Form von Kaolinitkriställchen) niemals in reinem Zustande, wie sich auch aus ihrer Entstehungsweise erklären dürfte.

Diese Tonsubstanz, deren chemische Bildung schon vorstehend auf S. 251 angegeben wurde, besteht aus:

[1]) Vergl. u. a. Bischoff: Die feuerfesten Tone. III. Aufl. Leipzig 1909, S. 8.

1 Teil Aluminiumoxyd 1 Al_2O_3 = 39,56 %
2 Teil Kieselsäure 2 SiO_2 = 46,50 „
2 Teil Wasser 2 H_2O = 13,94 „
= 100 %

Durch das Brennen verliert die Tonsubstanz ihre plastische Eigenschaft, d. h. die Fähigkeit der Bildsamkeit, erlangt aber dafür eine bedeutende Festigkeit, Haltbarkeit, einen sehr erheblichen Widerstand gegenüber zerstörenden Einflüssen, besonders denen der Witterung, auch in vielen Fällen — besonders bei großer Reinheit — einen hohen Grad von Feuersicherheit.

Die beim Brennen entstehende Umwandlung läßt sich durch die chemische Beziehung:

$$Al_2O_3\,2\,SiO_2\,2\,H_2O = Al_2O_3\,2\,SiO_2 + 2\,H_2O$$

darstellen.

Die Anhäufungen des Tones in der Natur in Form der Tongesteine waren aller Wahrscheinlichkeit nach zuerst alle sedimentär; die verschiedensten, heute sich uns zeigenden Änderungen der vielleicht zuerst rein klastischen Gesteine bis zur vollkommen Kristallisierungsform werden auf einen Metamorphismus zurückgeführt, dem sie unterworfen wurden; für diesen gibt Lepsius als Ursachen an: eine wässerige Lösung auf chemischem Wege in Gegenwart von Druck und Wärme und Einwirkung dieser während einer langen Zeitdauer.

Als Tongesteine kommen vor allem in Frage: Urtonschiefer (Phyllit), Tonschiefer, Schieferton, verschiedene Arten des Mergels, endlich die unter den Namen Löß, Lehm, Letten und Schlick inbegriffenen Ablagerungen.

Nach ihrer Lagerung unterscheidet man primäre, d. h. an ihrem Entstehungsorte verbliebene, und sekundäre, bzw. tertiäre, d. h. durch Abschwemmung fortgeführte und an anderen Stellen — in Mulden, Tälern, früheren Wasserbecken aller Art — wieder abgesetzte Tonlager.

Zu den primären Tonen gehören die reinsten Kaoline. Bekannte Fundorte sind: Morl und Trotha bei Halle, Seilitz bei Meißen, Aue bei Schneeberg, Zedlitz bei Karlsbad, Passau, St. Yrieux bei Limoges, St. Austell in Cornwall usw.

Zu der zweiten Gruppe gehören — wie dies aus der Natur der Ablagerungen erklärlich ist — Tone sehr verschiedenen Charakters, die auf ihrer Wanderung bald mit mehr oder weniger fremdartigen Stoffen sich mengten, oder auch nachträglich von ihnen durchdrungen wurden. Es finden sich demgemäß hierselbst Varietäten von dem ziemlich reinen Ton und dem hoch plastischen Töpfertone herab bis zum Tonmergel und zu stark von Sand durchsetzten Lehmbildungen. Die meist die oberste Stufe des Diluviums bildenden Ablagerungen sind vielfach unterbrochen und in der Regel wenig mächtig; sie sind meist durch Eisenoxyde gelb, rot, selten grau gefärbt, häufig deutlich geschichtet und durch Silikatgesteine, Kalkstücke, organische Überreste usf. mehr oder weniger stark verunreinigt. Nicht selten findet sich der Diluvial-Lehm ausgewaschen und in tertiärer Lagerung mit einem alluvialen Lehm vermengt, der sich unter Einwirkung des Wassers in dauernder Neubildung zeigt.

Je nachdem die Ablagerung von verhältnismäßig kurzer Dauer gewesen bzw. mehrfach unterbrochen wurde, oder ungestört durch einen langen Zeitabschnitt hindurch vor sich gehen konnte, ist sie von geringerer, bezw. stärkerer Schichtung und gleichmäßiger Beschaffenheit; im besonderen zeigt sich das letztere bei den fetten Tonen, die meist eine homogene Masse mit einzelnen fettig glänzenden, durch besonders starke Druckwirkungen gefestigten Teilen darstellen.

Als besondere Lagerungserscheinungen sind zu erwähnen, die unregelmäßig eingebetteten, die Gleichartigkeit des Tones störenden „Verballungen", Geröllmassen, Sand in größerer Menge, endlich Ablagerung feinsten Gesteinstaubes des sog. „Schluffes", welche als dünne Schichten den Ton bandartig durchsetzen.

§ 44. Die verschiedenen Arten des Tons.

Als besondere Tonarten kommen für die vorliegende, den Zwecken der Bauwissenschaft in erster Linie dienende Bearbeitung in Frage: a) das Kaolin oder die Porzellanerde, b) die sedimentären, ziemlich reinen, hochplastischen, vielfach auch hochfeuerfesten Tone, c) der Töpferton, d) der Tonmergel, e) der Letten, f) der Lehm oder Löß, g) der Schlick. Die unter d bis f genannten Arten liefern fast ausschließlich den gewöhnlichen Ziegelton.

a) Das Kaolin, von Natur aus selten rein weiß, meist mit einem Stich ins graue oder rötliche, wird nach dem Brennen stets weiß; es ist sehr mager, erdig, wenig plastisch, stark wasseraufsaugend und in stärkstem Ofenfeuer unschmelzbar. Hin und wieder muß die Porzellanerde erst durch Schlämmen von stark zersetzten aber noch nicht vollkommen verwitterten Feldspatstückchen gereinigt werden; oft enthält sie auch zahlreiche Sandkörner, Glimmerschuppen usw., stets aber feinsten Gesteinsstaub, der, wie Hecht nachgewiesen hat, mit keinem mechanischen Hilfsmittel von der Tonsubstanz zu trennen ist. Die Untersuchung der in ihrer chemischen Zusammensetzung recht verschiedenen Porzellanerden sucht in erster Linie das Verhältnis der eigentlichen Tonsubstanz zur Menge der unverwitterten, staubförmigen Gemengeteile zu ergründen[1]).

Aus einer Anzahl von Loeser mitgeteilter Analysen folgt, daß Kaolin einen Gehalt an Tonsubstanz von rund 50—90%, an Quarz von 2,3—35,5%, an Feldspat von 1,15—21,6% aufweist. Es folgt weiter aus den Untersuchungen, daß die Hauptmasse, welche die Eigenart des Kaolin bedingt, stets nahezu dieselbe Zusammensetzung zeigt; und daß die Unterschiede vorwiegend in der Natur und Menge des unzersetzten Mineralstaubes begründet liegen.

b) Die sedimentären, hochplastischen, meist hochfeuersicheren Tone. Die hierher gehörenden, ziemlich reinen Materialien stehen bezüglich der Menge ihrer Tonsubstanz den Kaolinen am nächsten; sie enthalten neben Kieselsäure nur Tonerde, in der Regel wenig Eisenoxyd, zeigen eine weiße oder rötliche, auch graue Färbung, sind vielfach sehr plastisch und vollkommen feuersicher. Bezüglich der Zusammensetzung der Tonsubstanz sind im Vergleich mit Kaolin in gewisser Beziehung Unterschiede erheblicher Art nicht vorhanden; hingegen weichen beide Substanzen bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften wesentlich voneinander ab; während Kaolin beim Trocknen

[1]) Hierbei wird der Ton zunächst durch Schwefelsäure zersetzt und die Tonsubstanz von den Mineraltrümmern getrennt; in den letzteren wird alsdann die dort enthaltene Tonerde bezw. die Summe von Tonerde und Eisenoxyd bestimmt. Aus dem ermittelten Tonerdegehalt wird weiter — unter der gestatteten Annahme, daß in dem sandigen Rückstande nur Quarz und Feldspat enthalten — aus der chemischen Formel für den letzteren die Menge des Feldspates — rückwärts gehend — berechnet. Wird letzterer von dem Gesamtrückstande in Abzug gebracht, so gibt der Rest die Menge des im Kaolin befindlichen Quarzes. Hieraus folgt weiter der Prozentgehalt der Porzellanerde an Quarz, Feldspat und wirklicher Tonsubstanz. Vergl. u. a. Loeser, Die Rohmaterialien der keramischen Industrie. Halle 1901. L. Hofstetter. Teil I. S. 57.

aus der plastischen Masse in einen feinerdigen Zustand übergeht, erhärtet der plastische Ton unter gleichen Verhältnissen zu einer dichten, harten aber spröden Masse.

Je geringer der Gehalt des Tones an Alkalien, um so größer ist seine Feuersicherheit. Die plastischen Tone finden sich in mächtigen Lagern weit über die Erde verbreitet. Da sie wohl fast stets durch einen Schlämmprozeß an ihre Lagerstätten geführt wurden, also sekundärer Natur sind, so zeigen sie sehr wechselnde Zusammensetzungen und Eigenschaften. Bekannte deutsche Fundorte sind: Hubertusburg und Kolditz in Sachsen, der Thüringer Wald, Hausen bei Abensberg, Amberg, Kemnath, Aschaffenburg, Mittereich, Vallendar (im Reg.-Bez. Koblenz), der Laacher See, Mehlem a.Rh., Straßburg, Selters, Montabaur, Grenzhausen, Ebenhahn, Großalmerode, Belgern a. E., Halle a. S., Oberschlesien, die Gegend von Bunzlau usw.

Die hierher gehörenden, durch ihre schieferige Struktur und steinähnliche Festigkeit ausgezeichneten, im besonderen in der älteren Steinkohlenformation sich findenden Schiefertone (bekannte Fundorte sind: Saarbrücken, Niederschlesien, Böhmen) erlangen erst in fein zerriebenem Zustande ihre Formbarkeit; sie zeichnen sich durch höchste Feuersicherheit aus und werden dort verwendet, wo eine große Widerstandsfähigkeit gegen stark wechselnde und hohe Temperaturen sowie gegen chemische Einflüsse verlangt wird.

Allgemein muß das Rohmaterial zur Herstellung feuersicherer Tonsteine ein solches sein, welches ohne zu schmelzen, sehr große Hitze auszuhalten vermag und infolge seiner großen Plastizität möglichst große Mengen von Magerungsmitteln aufzunehmen imstande ist. Die Feuerfestigkeit selbst wird durch pyrometrische Prüfungen bestimmt, auf die weiter unten in dem Abschnitte: Prüfung des Rohmaterials genauer eingegangen wird. Soll das Material zu durchaus feuerfesten Chamottesteinen Verwendung finden, so muß seine Schmelztemperatur höher liegen als die des Seger Kegels Nr. 26[1]); erst von dieser Grenze an nach oben zu, also bis S. K. Nr. 36, pflegt man mithin die Tone als feuersicher zu bezeichnen. Neben der Erprobung letzterer Eigenschaft ist weiter die Ermittelung der Menge und Art des Magerungszusatzes zu bestimmen, welcher den Zweck hat, beim Brennen die Schwindung des Steines in normalen Grenzen zu halten, ohne jedoch die Festigkeit des Steines unerlaubt zu beeinträchtigen. Auf diese Fragen wird bei Besprechung der Herstellung der Chamottesteine und der diesen verwandten Fabrikate genauer eingegangen werden.

c) Der Töpferton, im besonderen im Flötzgebirge, namentlich im Tertiär und Alluvium sich findend, vielfach ein Begleiter der Braunkohlenlager, zeigt eine blaugraue bis grünliche, auch gelbe Färbung. Er ist stark plastisch, schmelzbar, enthält in der Regel größere Mengen von Eisenverbindungen, daneben auch oft einige Prozent von kohlensaurem Kalke. Nach dem Brennen rot oder gelb werdend, findet er Verwendung zu feineren Ziegeln, Dachplatten, Ofenkacheln (Geschirr) usw., allgemein zu keramischen Erzeugnissen, bei denen eine besonders hohe Brenntemperatur nicht notwendig erscheint.

d) Der Tonmergel. Das ton- und kalkhaltige Sediment, entweder von Natur aus zusammengeschwemmt, durch Gletscherwirkung zusammengerieben oder durch eine nachträgliche Infiltration des Tonlagers mit Kalklösung entstanden, zeigt sich bei Überwiegen des Tons als Mergelton oder Tonmergel, bei höherem Kalkgehalte als Kalkmergel. Der für die Herstellung der Ziegel besonders wertvolle Tonmergel zeigt meist eine graue, gelbliche, grünliche, auch rote und braune Färbung, welche nach dem Brennen in der

[1]) Vergl. weiter unten die Ausführungen über diese, zur Bestimmung der vorhandenen Brennhitze dienenden, aus rohem Ton gefertigten Kegel.

Regel in eine mehr oder weniger kräftige rote, bei höherem Kalkgehalt jedoch in eine gelbe Tönung übergeht. Das ziemlich plastische, im Wasser leicht zerteilbare Material, braust infolge seines Kalkgehaltes beim Übergießen mit Säuren auf und verwittert an der Luft zu gelbgrauer Mergelerde. Das Mengenverhältnis der Hauptbestandteile ist gleich wie das der beigemengten Sande, der Eisenverbindungen und organischen Körper, ein sehr wechselndes. Im besonderen versteht man unter Mergelton ein Material, welches nur 5—10% Kalk besitzt, unter Tonmergel ein solches mit 10—25%, unter Kalkmergel ein Produkt mit 25—75% Kalkgehalt [1]). Tritt an Stelle des Kalkes kohlensaure Magnesia, so entstehen die Dolomitischen Mergel. In der Regel eignen sich nur die kalkarmen Mergel (bis zu 20% Kalkgehalt) zur Herstellung von Ziegelsteinen.

Das in Norddeutschland vielfach anstehende Material wird insbesondere in Mecklenburg, Schleswig-Holstein, Hannover, Brandenburg, im Harz, im Mansfeldischen und in Schlesien gefunden.

e) Der meist durch kohlige Bestandteile — organische Reste der Pflanzenwelt — aschgrau und schwärzlich gefärbte Letten, ist vielfach von Kalk, Eisenoxyd und Quarzsand frei; er fühlt sich fettiger an wie der gewöhnliche Ton und liefert mit Wasser vermengt eine sehr zähe und dehnbare Masse. Weniger verbreitet als der Lehm findet sich Letten in geringer Mächtigkeit sowohl (primär) im Kohlengebirge als auch aufgeschwemmt an den Ufern von Flüssen, Seen usw., vielfach hierselbst dem Torf als Unterlage dienend. Seine Verwendung findet das Material sowohl für Ziegel als auch für Geschirr.

f) Der Lehm oder Löß, vielfach auch gewöhnlicher Ziegelton genannt, schließt die am meisten verunreinigten und jüngsten Tonbildungen in sich. Das aus der Verwitterung von Hornblendegraniten, Syeniten, Gneisen, Dioriten, Felsitporphyren usw. entstandene, an Kieselsäure, Eisenoxydhydrat und Glimmer reiche Rohmaterial findet sich auf primärer Lagerstätte [2]) häufig noch mit halbzersetzten Stücken des Muttergesteines durchsetzt, während der zusammengeschlämmte, sekundäre, meist in Tälern und Mulden des Hügellandes bis zu 30 m Mächtigkeit abgelagerte Lehm um so gleichmäßiger abgesetzt ist, je weiter er von seinem Entstehungsort fortgeführt wurde.

Chemisch betrachtet stellt sich der Lehm als eine in wechselndem Verhältnisse gemengte Masse dar, von Tonsubstanz, Sand, Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat, Wasser, kohlensaurem Kalke, Bittererde, Gips, Alkaliverbindungen, Schwefelkies, Bitumen usf. untermengt mit Geröllen der Muttergesteine und durchsetzt von pflanzlichen und tierischen Resten der verschiedensten Art.

Das sehr weiche, zerreibliche, gelb oder bräunlich gefärbte Material nimmt nach dem Brennen eine rote bis braune Färbung an; in starker Hitze schmilzt es zu einer grauen bis grünlich blauen Schlacke zusammen.

In der Ziegeleipraxis pflegt man unter **Ziegellehm** alle Mischungen in obigem Sinne zu verstehen, welche bis 60 und weniger Prozente abschlämmbaren Sandes enthalten und sich zur Herstellung von Ziegelsteinen eignen.

---

[1]) Hier beträgt zudem der Tongehalt weniger als 25%,

[2]) Dieser sogen. Verwitterungslehm besitzt u. U. als Erzeuger Mergellager, in welche das kohlensäurehaltige Wasser von oben herein drang, den kohlensauren Kalk auflöste und in tiefer gelegene Schichten führte. Hierdurch wurden die oberen Lagen immer kalkärmer; zu gleicher Zeit wurde das Eisenoxydul in Eisenoxydhydrat übergeführt und durch dieses die Braunfärbung des Lehms bewirkt.

§ 45. Die Normalfärbung der Tone beim Brennen.

Eine heut von der keramischen Praxis vielfach angenommene, von Seger vorgeschlagene Einteilung der Tone setzt als Hauptunterscheidungsmerkmal die Farbe fest, welche die Tonarten nach Ausführung des Brennprozesses zeigen.

Seger unterscheidet hierbei:

1. Tonerdereiche und eisenarme Tone, welche weiß oder in sehr hellen Farben brennen.

2. Tonerdereiche und mäßig eisenhaltige Tone. Brennfärbung blassgelb und lederbraun.

3. Tonerdearme, eisenreiche, rotbrennende Ziegelerden.

4. Tonerdearme, eisen- und kalkreiche, gelbbrennende Ziegelerden und Tonmergel.

Zu der ersten Gruppe gehören die Porzellanerden und manche der plastischen Tone. Hervorgehoben sei, daß auch ein geringer Eisengehalt[1]) noch einen durchaus weißen Scherben beim Brennen ergibt.

Die Tonarten der zweiten Gruppe brennen bei geringerer Hitze weiß, zuweilen in rosa übergehend, während hohe Temperaturen eine gelbliche und braune, sehr hohe eine grünlich-graue Färbung bewirken; ein Rotbrennen tritt nie auf. Hierher gehören die meisten der plastischen und der feuerfesten Tone mit einem Gehalte an Tonsubstanz von 20—30% und mehr, und 1—5% Eisenoxyd. Der Gehalt an Tonerde überwiegt also bei weitem die Menge des Eisenoxyds. Aus einer Anzahl von Loeser[2]) mitgeteilten Analysen folgt hierselbst ein Mengenverhältnis des Eisenoxyds zu Tonerde von 1 : 5 bis 1 : 13,2. Für die Herstellung gewöhnlicher Ziegel eignet sich das Material wegen seiner hochliegenden Brenntemperatur und der hierdurch bedingten, großen Brennkosten nicht; höchstens findet es neben der Herstellung feuerfester Produkte zu besseren Verblendsteinen, Terrakotten und ähnlichen Fabrikaten Verwendung; aber auch hierfür werden die am wenigsten feuerfesten Tone der Gruppe bevorzugt.

Wie chemische Analysen zeigen, gestattet die Menge der färbenden Beimengungen keinen zuverlässigen Schluß auf die nach dem Brennen zu erwartende Färbung; hier wirken noch eine Anzahl anderer Faktoren — vorwiegend physikalischer Art — mit; immerhin kann man von vornherein sagen, daß die Tone sich um so heller brennen werden, je geringer ihr Gehalt an Eisen ist. In ihrer Verfärbung der Gruppe 4 nahestehend, unterscheiden sich die hierher gehörenden Rohmaterialien gegenüber 4 vor allem durch ihre erheblich größere Schwerschmelzbarkeit; auch zeigen sie, beim Übergange in den Sinterungszustand, im Gegensatze zu den alsdann grün werdenden, kalkhaltigen Tonen, eine graue und braune Färbung.

Zur dritten Gruppe gehören die wichtigsten der Ziegelerden, bezeichnet durch einen verhältnismäßig geringen Tonerde- und einen höheren Eisengehalt.

Zunächst tritt beim Brennen ein mattes, dann ein kräftiges Rot auf, welches bei weiterer Erhitzung in Violett und Blauschwarz übergeht. Hier folgt aus einer Anzahl Analysen das Mengenverhältnis von Eisenoxyd zu Tonerde zu: 1 : 1,9 — 1 : 2,9;

---

[1]) So ergeben z. B. das Nymphenburger Kaolin mit 2,3%, das Sennewitzer Material (Berliner Porzellanmanufaktur) mit 0,6—1,74%, das Meißener Rohmaterial mit 0,8% Eisenoxydgehalt noch keinerlei Verfärbung. Dies dürfte sich durch den größeren Tongehalt erklären und der Erscheinung entsprechend sein, welche — vergl. weiter unten — die Anwesenheit großer Kalkmengen bei gewöhnlichem Ton zeitigt.

[2]) Vergl. den Schluß der Anmerkung [1]) auf S. 254.

ersteres macht also im Gegensatze zu Gruppe 2 die Hälfte bis ein Drittel des Tonerdegehaltes aus. Hierin liegt das Eigenartige der zu 3 gehörenden Tonrohstoffe, denn sobald der Tonerdegehalt das Dreifache des Eisenoxyds nicht übersteigt, tritt ein entschiedenes Rot-Brennen auf; überwiegt wie bei 2, die Tonerde, $5^1/_2$ fach und mehr, so zeigen sich braune und gelbe Farben. Zwischen 2 und 3 stehen eine Menge Tone, deren Tonerdegehalt also zwischen dem 3 fachen und dem $5^1/_2$ fachen des Eisenoxyds schwankt; dieselben geben beim Brennen Mischfarben und eignen sich demgemäß weder zu Terrakotten noch zu Verblendsteinen, da es bei diesen auf eine durchaus gleichmäßige Färbung ankommt.

Auch die vierte Gruppe enthält wichtige Tone und zwar die Tonmergel. Die normalen, hierher gehörenden Materialien erhalten zunächst bei geringer Brenntemperatur infolge ihres Eisengehaltes eine rote Färbung; weiterhin bilden sich mit höheren Hitzegraden jedoch Kalksilikate, welche eine Verfärbung der Steine in hellrot, weiß oder gelblich-weiß bewirken; bei der Sinterung wird die Färbung gelbgrün, bei der Schmelze grün und schwärzlich. Aus einer Anzahl Analysen folgert Loeser bei Gruppe 4 ein Mengenverhältnis von Eisenoxyd zu Tonerde von 1 : 1,6 — 1 : 2,5 und von Eisenoxyd zu Kalk von 1 : 2,2 — 1 : 3,5. Da hier der Eisengehalt dem von Gruppe 3 nahesteht, ist somit auch die zunächst bei Schwachbrand auftretende Rotfärbung erklärt. Bezüglich des Verhältnisses zwischen Eisenoxyd und Kalk weist Loeser[1]) nach, daß noch ein Quotient von 1 : 1,5 ausreicht, um bei genügend hoher und anhaltender Brennhitze eine Gelbfärbung der Steine zu erzielen, während bei geringem Kalkgehalte und höherer Temperatur durch diesen nur ein Matterwerden der roten Färbung bedingt wird[2]). Die früher maßgebende Annahme, daß rote Steine dort sich bilden, woselbst Eisenoxyd wirkt, während die gelbe Farbe die Folge des unter reichlicher Luftzufuhr beim Brennen oder Abkühlen sich bildenden Eisenoxyduls sei, gilt heut als nicht zutreffend, da einerseits in gelben und hellfarbenen Steinen die letztgenannte Eisenverbindung sich nicht in größerer Menge vorgefunden hat, andererseits aber in rotgebrannten Steinen in größerer Menge angetroffen wurde. Ein sehr häufiger Begleiter der Eisenverbindungen ist das Manganoxyd. Es kann in der Regel als eine unschädliche Beimengung bezeichnet werden, die — in größerer Menge vorhanden — nur die normale Färbung dunkler werden läßt[3]).

§ 46. Schädliche Beimengungen im Rohtone.

Die vorerwähnten Normalfärbungen der Tone werden häufiger durch besondere Bestandteile des Rohmateriales sowie durch unsachgemäßes Brennen ungünstig beeinflußt. Während auf den letzteren Umstand beim Abschnitte Brennen der Steine eingegangen wird, sei bezüglich der störenden Beimengungen hervorgehoben, daß sie meist entweder durch besondere Zusätze beim Verarbeiten des Tones oder durch Erfüllung bestimmter Bedingungen beim Brande unschädlich gemacht werden können. Ob ein solches Verfahren, und welches, zur Anwendung zu gelangen hat, wird sich in erster

[1]) In dem auf S. 254 in Anmerkung [1]) erwähnten Werke S. 75 u. folg.

[2]) In Gruppe 3 tritt — ein gutes Unterscheidungsmerkmal — hingegen bei Steigerung der Brennhitze eine größere Intensität der roten Färbung ein.

[3]) Manganoxyd kann auch besonders zugesetzt werden, um die oben genannte Veränderung zu bewirken.

Linie unter Berücksichtigung des Fabrikates und der von diesem geforderten Eigenschaften nach wirtschaftlichen Erwägungen richten.

In erster Linie sind hierselbst salzartige Auswitterungen beim Trocknen der Steine zu nennen; sie entstehen zunächst an den, der Austrocknung besonders stark ausgesetzten Stellen, an den Kanten, vorspringenden Teilen usw.; sie bilden sich vorwiegend bei den fetteren, besseren Materialien und nehmen mit der Verlangsamung der Trocknung zu. Entweder bildet sich aus ihnen beim Brennen ein feiner staubiger oder blätteriger, in der Regel mechanisch zu beseitigender Niederschlag, oder es zeigen sich kleine, warzenartige, mit dem Stein sehr fest verwachsene und mechanisch kaum von ihnen zn trennende Kristalle.

Als derartige schädliche Beimengungen kommen besonders in Frage: 1. Vanadinverbindungen, 2. schwefelsaure, wasserlösliche Salze, 3. Schwefelkies, 4. kohlensaurer Kalk, 5. gröbere Beimengungen von Mineraltrümmern, 6. organische Stoffe.

1. Seger hat nachgewiesen, daß bei manchen Braunkohlentonen die Verfärbungen während des Brandes auf Verbindungen des seltenen, schwer schmelzbaren Metalles Vanadium zurückzuführen sind, die bald in weißlichen, meist aber in sattgelben Tönungen sich äußern, durch reduzierende Einflüsse auch in vielfach grüne und blaue, wasserhaltige oder braune, wasserfreie Verbindungen der vanadigen Säure übergehen. Hin und wieder treten auch Verbindungen von Vanadin und Molybdänsäure von grüner Färbung auf.

Der Umstand, daß bei derselben Art von Steinen die vorgenannten Verbindungen sich nach dem Brennen bald in löslicher Form ausscheiden, bald ungelöst verbleiben, führte Seger zu dem Nachweise, daß die Vanadinausschläge durch ein sehr starkes, im letzten Stadium reduzierendes Brennen der Steine vermieden werden können, und zwar muß bei Verblendsteinen und den vorerwähnten Braunkohlentonen die Brenntemperatur 1000° C übersteigen.

2. Die schwefelsauren Salze von Kalk, Magnesia, Tonerde, Eisen, Natrium, Kalium usw. Von ihnen allen wird besonders der schwefelsaure Kalk — Gips — als eine schädliche Beimengung deshalb empfunden, weil einerseits bereits ein Gehalt von 0,10% ausreicht, um Verfärbungen an der Oberfläche hervorzurufen und andererseits das genannte Salz, in Wasser löslich, sich sehr leicht auf der Steinoberfläche in Form einer weißen Haut ausscheidet. Auch können Gipsbeimengungen in Körnchen- oder in Plättchenform den Stein zerstören, weil der schwefelsaure Kalk nicht durch die zum Brennen von gewöhnlichen Ziegeln angewendete Hitze[1]) (S. K. 0,10—0,5) zersetzt wird; alsdann wird der Gips durch Regen und die aufsteigende Erdfeuchtigkeit allmählich in Lösung gebracht, um nunmehr auszukristallisieren und — bei feuchten Steinen — wieder in die Oberfläche derselben einzudringen und — ähnlich wie die Wirkung des Frostes — letztere hierdurch zum allmählichen Abblättern zu bringen.

In ähnlicher Weise wirken — wenn auch nicht so stark — die anderen, oben genannten schwefelsauren Salze auf den Bestand bezw. das Aussehen der Steine ein[2]).

Um die vorstehend beschriebene Schädigung der Tonsteine zu verhindern, setzt

[1]) Nur bei gesinterten Waren und deren höherer Brenntemperatur wird der Gips unter Austreiben der Schwefelsäure zersetzt und dadurch unschädlich gemacht. Gips in größeren Stücken wird durch Tonreiniger bezw. durch Schlämmen beseitigt.

[2]) Über die Bestimmung des Gehaltes des Tones an wasserlöslichen Salzen vergl. u. a. Dr. M. Störmer, Untersuchungsmethoden der in der Tonindustrie gebräuchlichen Materialien. Freiberg i. S. 1902. S. 44—48.

man gegebenen Falles dem Rohtone kohlensaures Barium bezw. Chlorbarium zu, welches durch chemische Umsetzung eine Überführung der löslichen schwefelsauren Salze in unlösliche Verbindungen bewirkt und somit das Entstehen eines Ausschlages ausschließt.

Hierbei ist es jedoch erforderlich, um die notwendige Menge des Zuschlagmaterials in Erfahrung zu bringen, die Menge der Schwefelsäure zu kennen, welche an Basen (Kalk) gebunden, im Ton enthalten ist. Hierzu dient ein von dem Laboratorium für Tonindustrie von Seger u. Cramer in Berlin ausgearbeitetes Verfahren, welches durch große Einfachheit ausgezeichnet, nach Hecht[1]) auf den folgenden Grundzügen beruht:

„Mehrere Flaschen von etwa je 1/2 l Inhalt werden mit je 100 g des zu untersuchenden lufttrockenen oder grubenfeuchten Tones beschickt und dann soviel Wasser zugegeben, daß die Flaschen etwa zu 3/4 gefüllt sind; sodann wird die Flasche mit einem Glaspfropfen geschlossen und solange durchgeschüttelt, bis der Ton vollkommen suspendiert ist. In jede dieser Flaschen wird eine steigende Menge Chlorbariumlösung hinzugegeben, deren Gehalt an Chlorbarium bekannt ist und zwar zu Flasche I 1 ccm, zu Flasche II 2 ccm usf.; am zweckmäßigsten benutzt man eine Lösung von 0,01 g Chlorbarium in 1 ccm; dieses Chlorbarium verbindet sich mit der Schwefelsäure des im Tone gelösten Gipses (oder anderer Basen) zu unlöslichem, schwefelsaurem Baryt und man muß daher bei der vergleichenden Prüfung des Inhaltes der einzelnen Flaschen stets den Punkt ermitteln können, bei welchem der Zusatz von Chlorbarium gerade hinreicht, um alle in dem Tone vorhandene Schwefelsäure zu binden. Sobald also der aufgespeicherte und mit Chlorbarium versetzte Ton sich gesetzt hat, filtriert man die über dem Ton stehende Flüssigkeit ab und versetzt 100 ccm des Filtrates jeder einzelnen Flasche mit einigen Tropfen Schwefelsäure; solange diese in dem Filtrat noch keine Trübung hervorbringt, ist überschüssiges Chlorbarium in der Lösung noch nicht vorhanden. Dasjenige Filtrat jedoch, welches bei Zusatz von Schwefelsäure eine Trübung zeigt, gibt an, daß mehr Chlorbarium zugesetzt war, als zum Umsetzen mit dem löslichen schwefelsauren Kalk erforderlich war und man kann hieraus genau erkennen, wie groß die zur Bindung der Schwefelsäure in dem Ton zuzusetzende Menge Chlorbarium sein muß, um die löslichen schwefelsauren Salze zu beseitigen."

Beim Verarbeiten des Tons im Großen neutralisiert man die löslichen Salze am besten in der Weise, daß man 3/4 bis 4/5 derselben durch Chlorbarium und 1/4 bis 1/5 durch die doppelte Menge von kohlensaurem Baryt unlöslich macht.

Eine weniger gefährliche Einwirkung zeigen die seltener auftretenden Chlor-, Salpeter- und Phosphorsalze, Pottasche usw.

3. Ein Gehalt an Schwefelkies: das auch in feiner Verteilung schädliche, beim Brennen[2]) schmelzende und schwarze Flecken hinterlassende Material wandelt sich in Gegenwart von Sauerstoff in lösliches Eisensulfat um, welches eine Verfärbung der Steine zur Folge hat, und zudem die unter 2 angegebenen Erscheinungen zeitigt. Es dürfen deshalb eisenkieshaltige Tone weder wintern noch überhaupt längere Zeit in feuchtem Zustande lagern.

Bei sehr starkem Brennen zersetzt sich der Schwefelkies unter Bildung von Eisenoxyd[3]), indem der Schwefel mit Sauerstoff sich zu schwefliger Säure vereinigt und diese — ein Gas — entweicht. Ist diese Umsetzung jedoch keine vollkommene, bleibt vielmehr ein schwefelhaltiges Eisenoxyd zurück, so bewirkt dieses in Verbindung mit Wasser später ein Abblättern des Steins. Ist Schwefelkies neben organischen Beimengungen in feinverteiltem Zustande vorhanden, so „wachsen" des öfteren bei Brenntemperaturen von S K. 0,5 bis 1 die Tone, d. h. die Steine werden rund. Es hat dies seinen Grund darin, daß durch chemische Umsetzung im Innern des Steines sich Gase — Kohlensäure,

[1]) Vergl. Dr. H. Hecht, Rohstoffe und Erzeugnisse der Tonindustrie. Vortrag gehalten im Polyt. Verein zu München. Bayr. Ind.- u. Gew.-Blatt. Jahrgang 1900. Nr. 47, 48 u. 49.

[2]) Bei Segerkegel 0,5—1.

[3]) Hierbei zerspringt aber nicht selten der Stein.

schweflige Säure — bilden, die durch die bereits dicht gebrannte Außenfläche des Steines nicht mehr entweichen können, aber den noch weichen Steinkern aufzublähen imstande sind. Als Gegenmittel wirkt hier eine Magerung des Tons durch Zusatz von Sand, Ziegelmehl usf., welche ein allzufrühes Dichtbrennen der Steinoberfläche verhindern und den sich bildenden Gasen den Austritt gewähren.

Schließlich sei bemerkt, daß ein Gehalt an Schwefelkies auch eine Herabminderung der Feuersicherheit des Tones zur Folge hat.

Zur Überführung des Eisenkieses in eine unlösliche und unschädliche Verbindung empfiehlt sich auch hier ein Zusatz von kohlensaurem Barium zum Rohtone. Gröbere Stücke von Eisenkies, wie sie gerade in den sehr fetten Tonen nicht allzu selten vorkommen, sind auf mechanischem Wege, durch Schlämmen oder den Tonreiniger zu entfernen.

4. Kohlensaurer Kalk in Stücken. Da diese, in vielen Braunkohlen- und gewöhnlichen Ziegeltonen häufig bis zu Walnuß-Größe sich vorfindende Beimengung vor allem dadurch schädlich wirken kann, daß der Kalk durch den Brennprozeß selbst gebrannt wird und alsdann beim Anfeuchten der Steine sich löscht und hierbei den Stein zersprengt, so wird durch eine Probe nachzuweisen sein, ob der Kalk diese Eigenschaften besitzt, also nach dem Brennen löschfähig ist[1]). Zu diesem Zwecke wird der Ton geschlämmt, der verbleibende Rückstand mit 20% Ton verformt und der so gewonnene Ziegel bei hoher Temperatur gebrannt. Der fertige Stein wird in feuchter Luft aufbewahrt oder langsam mit Wasser gesättigt. Zeigt sich hierbei keine Veränderung am Steine, so kann man annehmen, daß der Kalk nicht löschfähig, also unschädlich ist. Es wird alsdann eine Zerkleinerung der größeren Stücke ausreichen.

Zeigen sich hingegen die Kalkbeimengungen als schädlich im Sinne der obigen Ausführungen, so können als Mittel, die zerstörende Wirkung des Kalkes aufzuheben, die nachfolgenden in Frage kommen:

a) Das Schlämmen des Rohtones, ein sicheres und auch nicht allzu teures Mittel[2]). Ist im besonderen Kalk neben den Stücken auch in fein verteiltem Zustande vorhanden, so wird durch das Schlämmen auch die Brennfarbe erheblich verbessert, also eine höhere Auswertung des Rohmaterials bedingt.

b) Ein Feinmahlen des Tones. Dies Verfahren hat nur alsdann Erfolg, wenn die Mahlung eine so feine ist, daß das Rohmaterial durch ein Sieb von 300 Maschen (auf 1 qcm) hindurchgeht.

c) Ein „Ersäufen des Kalkes“ in fertig gebrannten Steinen. Hierbei werden die Kalkstücke enthaltenden Steine unmittelbar nach dem Brennen unter Wasser gebracht; alsdann füllen sich die Poren des Steines mit Kalkmilch, die ein Eindringen der (feuchten) Luft von außen her ausschließt und somit den im Steininnern noch vorhandenen unabgelöscht verbliebenen Kalk verhindert, schädlich einzuwirken. Da jedoch die Steine durch das sich im Laufe der Zeit ausscheidende Kalkhydrat einen weißlichen Überzug erhalten, so kann das vorstehend genannte Mittel nur bei gewöhnlichen Hintermauerungssteinen Verwendung finden; als ein weiterer, allgemeiner Nachteil kommt zudem noch eine Gewichtserhöhung des Steins um rund 15% in Frage.

In fein verteiltem Zustande ist Kalk in der Regel bis zu 20% als unschädlich für die Herstellung der Steine zu bezeichnen; für durchaus wetterbeständige Steine empfiehlt Seger diese Zahl auf 10—15% zu begrenzen.

[1]) Gleiche Vorsicht ist auch geboten, wenn im Rohtone Muscheln u. dgl. in größerer Menge eingeschlossen sind.

[2]) Die Kosten betragen bei normalen Verhältnissen etwa 1—2 Mark für je ein Tausend Steine.

5. Grobe Beimengungen aller Art, im besonderen Quarz[1]), Granit, Feldspat, Tonschiefer überhaupt Bruchstücke von Muttergesteinen der verschiedensten Art oder deren Mineralien. Zur Bestimmung ihrer Menge und Art dient die an anderer Stelle (bei dem Abschnitt Prüfung des Rohtones) genauer behandelte mechanische Analyse, im besonderen der Sieb- und Schlämmversuch. Falls sich in dem verbleibenden Rückstande keine größeren Teile von Gips, kohlensaurem Kalk und Schwefelkies zeigen, wird es in den allermeisten Fällen ausreichend sein, die groben Beimengungen zu zerkleinern oder durch den Tonreiniger auszusondern; ein — immerhin kostspieliges — Schlämmen ist alsdann in der Regel nicht notwendig; ein solches könnte sich höchstens bei sehr mageren Tonen empfehlen, bei denen auch nach dem Schlämmen noch genügende Mengen von Magerungsmitteln im Ton verbleiben.

6. Organische Verunreinigungen aller Art, Wurzeln, Pflanzenteile usw. Wenn dieselben in größerer Menge auftreten, so wirken sie als schädliche Beimengungen und müssen aus dem Rohmateriale ausgesondert werden. Schädlich sind sie für manche Steine dadurch, daß sie beim Brennen dieser im Steininnern Hohlräume hinterlassen und somit die Tragfähigkeit des Steines ungünstig beeinflussen; auch erschweren sie in der Regel das Mischen des Tones und verhindern ein glattes Zerschneiden des aus der Strangpresse kommenden Tonstranges.

§ 47. Magerungs- und Flußmittel.

Nicht selten ist eine Schwierigkeit in der Herstellung guter Steine in dem allzu großen Gehalte des Rohmaterials an Tonsubstanz begründet, da hierdurch ein gleichmäßiges Austrocknen des Steines verhindert, ein ungleichartiges Schwinden befördert wird. Da dieses Schwinden an den Kanten und Außenflächen eher eintritt als im Steininneren so wird als eine Folge der auftretenden ungleichmäßigen Spannungen die Bildung von Rissen, ein Verziehen des Steines usf. zu erwarten stehen, — Verhältnisse, die sich bei dem späteren Brennen des Steines in erheblichem Maße steigern können. Daneben haftet ein zu fetter Ton wegen seiner hohen Klebekraft allzusehr in der Form, wodurch weitere Herstellungsschwierigkeiten bedingt sind. Es werden deshalb dem Rohtone, falls er von Natur aus nicht ausreichend mager erscheint, sogenannte Magerungsmittel — unplastische Stoffe — zugesetzt. Diese — der Natur entnommen oder künstlich hergestellt — haben in erster Linie auf ein schnelleres und gleichmäßiges Austrocknen hinzuwirken; sie können aber auch zugleich dem Rohmaterial besondere Eigenschaften verleihen, es porös machen, es leichter zum Schmelzen bringen[2]) oder — wie dies gerade bei dem hochfeuerfesten Tone von großer Bedeutung — es befähigen, schroffen Temperaturwechseln zu trotzen.

Es empfiehlt sich in der Regel die Magerungsmittel in Form kleinerer Körner zuzusetzen, da bei Anwendung gröberer Stücke wegen des ungleichen Schwindmaßes und der verschiedenen Ausdehnung erst recht ein Reißen zu befürchten sein würde.

Als Magerungsmittel kommen im besonderen in Frage:

a) Quarzsand von etwa 2 mm Korngröße, entweder in diesem Zustande der Natur entnommen oder durch Zerkleinerung gewonnen und alsdann durch scharf splitterige

[1]) Da Quarz die Eigenschaft besitzt, sich im Feuer auszudehnen, können größere Stücke dieses ein Reißen der Steine hervorrufen.

[2]) Hier wirkt alsdann der Magerungszusatz bei Schwachbrand als solcher, bei höherer Brenntemperatur aber als Flußmittel.

Form ausgezeichnet. Als wenig erhebliche Nachteile der Quarzverwendung seien genannt: eine kleine Herabsetzung der Sinterungstemperatur des Tones und ein geringes „Wachsen“ des Quarzes beim Brande.

b) Gebrannter und zerkleinerter (hochfeuerfester) Chamotteton. Derselbe wird als Magerungsmittel so weit gebrannt, daß er unter der späteren Einwirkung der Brennhitze keinerlei Volumenveränderung zeigt. Die Korngröße ist abhängig von der Verwendung des Endproduktes und nimmt zu mit der Größe der später auf den Stein einwirkenden Temperaturunterschiede und der meist von diesen beeinflußten stärkeren Porigkeit desselben. Da der Chamotteton selbst feuerfest ist, bedingt er als Magerungsmittel einen größeren Widerstand der Steine gegenüber dem Schmelzen. Wird auf letzteres wenig Wert gelegt, so kann an Stelle der Chamottekörnung auch gemahlener, gewöhnlicher Ziegelstein gewählt werden; es liegt auf der Hand, daß für Herstellung dieses Magerungsmittels in der Regel Abfallsteine Verwendung finden.

c) Graphit, Steinkohlenkoks und ähnliche Körper. Diese Magerungsmittel finden für besonders feuerfeste Produkte Verwendung, Schmelztiegel usw., Koks jedoch nur dort, woselbst das Endprodukt in dauernd beständigem Luftmangel verwendet wird, da anderenfalls ein Verbrennen des Koks eintreten würde.

d) Sägespähne, Kohlenklein, Torf u. dergl. Nicht selten sind dem Tone von Natur aus Braunkohlenteilchen beigemengt, die alsdann als Magerungsmittel wirken. Bei künstlicher Hinzufügung empfiehlt sich ein Sieben der Beimengungen, um einerseits eine bestimmte Korngröße einzuhalten, andererseits — besonders bei den Sägespähnen — gröbere Bestandteile auszuscheiden. Da die vorgenannten Magerungsmittel im Feuer des Brennofens verbrennen, erzeugen sie leichte und mehr oder weniger stark porige Steine, die somit — wegen der starken Lockerung des Scherben — fette Rohtone voraussetzen[1]). Nicht selten wirkt die beim Verbrennen in den Poren des Steines verbleibende Asche in Verbindung mit dem Tone als Flußmittel, setzt also die Schmelztemperatur herab. —

Um ein dichteres Brennen, das ist eine bessere Sinterung des Tones bei verhältnismäßig geringer Temperatur zu bewirken, werden — falls nicht von Natur vorhanden — diesem **Flußmittel** zugesetzt, die um so wirksamer sind, in je feinerer Verteilung sie hinzugefügt werden. Als Flußmittel finden Verwendung: Feldspat, Glimmer, Alkali, Kalk, Magnesia, Mangan, Eisenverbindungen usw.; im besonderen sind es die Oxyde von Natrium, Kalium, Eisen, Mangan, Magnesium, Kalzium und anderer — zum Teil seltener — Elemente, welche auf ein leichtes Schmelzen der Tonsubstanz hinarbeiten. Nach Untersuchungen von Richters befördert die Schmelzung am meisten Magnesia, weniger Kalk, noch weniger Eisen und am wenigsten Kali. Auch stellt sehr fein verteilter (bzw. gemahlener) Quarzsand ein gutes Flußmittel dar[2]). Da gut plastische Tone meist eher dicht brennen als magere, wird die Hinzufügung von Flußmitteln, iusbesondere für die letzteren von Bedeutung sein.

Auf die Einwirkung der Flußmittel bei Bildung der Glasuren wird an anderer Stelle eingegangen werden.

[1]) Besonders geeignet erscheinen die fetteren Braunkohlentone.

[2]) Vergl. u. a. Seger — ges. Schriften S. 427 u. 454. Abh. über die chem. u. mechan. Untersuchung der Tone und die Deutung der erhaltenen Resultate; hierin weist Seger nach, daß Quarzsand alsdann verflüssigend auf den Ton einwirkt, wenn er sich so fein verteilt zeigt, daß ein Abschlemmen nicht ausführbar ist.

§ 48. Die Prüfung des Rohtones.

Ein guter, zur Herstellung von Ziegelsteinen sich eignender Ton soll den folgenden Anforderungen entsprechen: Bei guter Formbarkeit sowie Abwesenheit gröberer Fremdkörper und schädlicher Beimengungen soll sein Schwindmaß beim Trocknen geringer als 10% sein; im entgegengesetzten Falle hat ein Magern einzutreten; einschießlich des Brennens soll dieses Maß unter 12% verbleiben, und bei letzterem selbst — um den Brennprozeß nicht zu erschweren — nicht höher als 6% liegen. Der nach dem Trocknen — also vor dem Brennen — geprobte Rohstein soll mehr als 15 kg/qcm, nach dem Brennen mehr als 150 kg/qcm Druckfestigkeit aufweisen. Rohtone, welche nach dem Brennen Steine mit 4—10% Porengehalt und 300—500 kg/qcm Druckfestigkeit, glatter Oberfläche und durchaus gleichmäßiger Farbe ergeben, erscheinen zur Herstellung von Verblendsteinen und Terrakotten — bei guter Bildsamkeit auch für Dachfalzziegel- geeignet. Tone, bei denen der Punkt des Dichtbrennens vom Beginne des Sinterns um mehr als 5 Segerkegelnummern entfernt liegt, sind für die Erzeugung von Klinkern geeignet; alle Materialien sollen schließlich durchaus wetterbeständig und dauerhaft sein.

Die eingehendste Prüfung des Rohmaterials in bezug auf die vorstehend erwähnten, an das fertige Fabrikat zu stellenden Anforderungen, mit Hilfe systematisch wissenschaftlicher und praktischer Untersuchungen, bildet eine der wichtigsten Grundlagen eines jeden Ziegeleibetriebes. Die verschiedenen Prüfungsmethoden in engem Anschlusse an die keramische Praxis, ausgebildet und vervollkommnet zu haben, ist das Verdienst von Türrschmiedt, Bischof, Richters, Fresenius, Seger, Aron, Cramer, Hecht u. a. m.

Da die Tonlager in der Regel verschiedene Schichten mit oft recht abweichender Zusammensetzung aufweisen, so empfiehlt es sich, die einfachsten mechanischen Proben, von denen weiter unten die Rede ist — im besonderen die Schlämmprobe und die Probe auf schädliche Beimengungen — zunächst auf Rohmaterialien aus allen einzelnen Schichten zu erstrecken; überzeugt man sich hierbei, daß keine, für die praktische Verwertung erheblichen Unterschiede vorliegen, daß also die Schichten als gleichwertig anzusehen sind, so kann man die zu untersuchenden Rohproben im Verhältnisse des natürlichen Vorkommens durch Mischung der einzelnen Schichttone herstellen; sind jedoch die Materialien innerhalb der verschiedenen Lagen ungleichartig, so muß die Prüfung sich auf eine jede besonders erstrecken.

Das Endziel der Untersuchung wird die Beantwortung der Frage bilden, zu welchem besonderen Zwecke ein vorliegender Ton geeignet erscheint, bzw. welche Veränderungen mit ihm vorzunehmen sind, um ein bestimmtes einwandfreies Fabrikat zu erzielen.

Die Prüfung der Tone erfolgt sowohl auf chemischem als auch auf mechanischem (physikalischem) Wege. Es sei von vornherein hervorgehoben, daß die rein chemische Untersuchung für sich allein keinen ausreichenden Aufschluß über den Wert eines Ziegeltones zu geben vermag, da Tonen von ganz gleicher chemischer Zusammensetzung ganz verschiedene physikalische Eigenschaften innewohnen können, die ihrerseits bei der technischen Verarbeitung wieder sehr abweichende Fabrikate bedingen [1]).

1) So zeigt sich z. B. Tonschiefer, frisch gebrochen, als vollkommen unplastisch und zur Fabrikation von Tonwaren ungeeignet, während er nach mehrfacher Überwinterung plastisch und gut verwendbar wird, ohne seine chemischen Eigenschaften geändert zu haben.

Bei der chemischen Untersuchung ist zu unterscheiden die Vollanalyse und die vorwiegend nur die Bestimmung von Quarz, Feldspat und Tonsubstanz bezweckende rationelle Analyse. Die Vollanalyse, deren Einzelheiten für die vorliegende, an den Architekten und Bauingenieur sich wendende Bearbeitung zu weit führen würden, wird vielfach auf 2 Arten zur Ausführung gebracht, einerseits durch Aufschließen des Tones mit kohlensaurem Alkali, andererseits mit Flußsäure unter Hinzufügung von Schwefelsäure[1]); neben der qualitativen Bestimmung wird auch die quantitative durchgeführt. Die Untersuchung erstreckt sich im besonderen auf die Ermittelung des Gehaltes an chemisch gebundener und freier Kieselsäure, auf die Bestimmung von Aluminiumoxyd, Eisenoxydul, Eisenoxyd, kohlensaurem Kalk, Wasser sowie schädlichen Beimengungen. Um sich im besonderen über die letzteren zu unterrichten, ist die Vollanalyse für bessere Baumaterialien (Verblendsteine, Terrakotten) erwünscht, desgleichen auch für die feuerfesten Fabrikate; unbedingt notwendig ist sie für alle Glasurüberzüge.

Die von Aron und Seger begründete „rationelle" Analyse, im Zusammenhange mit der mechanischen Untersuchung für die Prüfung der gewöhnlichen Ziegeltone vollkommen ausreichend, besteht zunächst in einer Elementaranalyse des Tongemenges mit Aufschließung durch Schwefelsäure und Bestimmung des unlöslichen, in der Regel aus Quarz und Mineraltrümmern bestehenden Rückstandes. Geht man hierbei mit Seger davon aus, daß die Mineralrückstände feldspatartiger Natur sind, und daß im Feldspat auf 1 Teil Tonerde etwa 3,11 Teile Kieselsäure entfallen, so läßt sich die letztere Menge — enthalten in den Mineraltrümmern — leicht berechnen. Vermindert man alsdann um dies Ergebnis die Gesamtmenge der unlöslichen Kieselsäure, so ergibt sich der wirkliche Gehalt an Quarz; andererseits erhält man auch den Gehalt an Feldspat-Mineraltrümmern und hieraus endlich die Menge der Tonsubstanz[2]).

Die mechanische Analyse beruht in erster Linie auf der Anwendung eines Verfahrens zur mechanischen Trennung der Tonsubstanz von dem ihr anhaftenden „Schluff" und Sand, des weiteren auf Erforschung der Plastizität, des Bindevermögens, des Schwindemaßes, des allgemeinen Verhaltens beim Trocknen und Brennen sowie der Temperatur, bei denen der Ton dicht brennt und zu schmelzen beginnt; sie erstreckt sich endlich auf den Nachweis besonders schädlicher Beimengungen.

Die an erster Stelle genannte mechanische Trennung kann in ziemlich roher Weise durch Aussieben des Tons auf verschiedenen Sieben, oder durch Sedimentation, Absetzen aus ruhigem Wasser — oder auch in besonders zweckmäßiger Art — durch den eigentlichen Schlämmprozeß unter Verwendung bewegten Wassers, erfolgen.

Bei dem Aussieben kommen je nach der Verwendungsart des Tones Siebe von 400—4900 Maschen auf je 1 qcm Fläche zur Verwendung; für gewöhnliche Ziegeltone genügt ein Sieb von 900 Maschen für 1 qcm, da feinere Beimengungen, welche durch dieses Sieb nicht hindurchgehen, in der Praxis vom Tonmaterial nicht getrennt werden können[3]). Die Siebung wird in der Art durchgeführt, daß 100—500 g lufttrockenen

[1]) Genaueres hierüber vgl. u. a. in: Dr. M. Stoermer, Untersuchungsmethoden der in der Tonindustrie gebräuchlichen Materialien mit besonderer Berücksichtigung der häufig auftretenden Fabrikationsfehler, deren Ursachen und Verhütung. II. Aufl. Freiberg i. S. Craz u. Gerlach 1902. S. 19—27.

[2]) Genaueres vergl. u. a. in: Dr. H. Zwick, Die Natur des Ziegeltons und die Ziegelfabrikation der Gegenwart. Verlag von A. Hartleben. Wien, Pest, Leipzig. 1894. S. 129—134.

[3]) Derartige Siebe haben in der Regel 15 cm Durchmesser und einen 12 cm hohen Blechrand. Bei Untersuchung gewöhnlicher Ziegelerde empfiehlt es sich 500 g des zu untersuchenden Tones mit 2 l kochendem Wasser zu übergiessen, über Nacht stehen zu lassen und am anderen Morgen mit Hilfe eines langen Borstenpinsels durch das Sieb zu streichen.

Tones mit — womöglich heißem — Wasser zu einer dünnen Schlempe verrührt und alsdann durch das Sieb getrieben werden. Der auf letzterem verbleibende Rückstand wird solange gewaschen bis das hierzu benützte Wasser klar abfließt; schließlich werden die auf den einzelnen Sieben verbleibenden Rückstände getrocknet, gewogen und ihre Menge in Prozenten der trockenen Rohtonmasse angegeben. Falls gewünscht, kann durch mineralogische Untersuchungen — oft genügt hierbei schon die Lupe oder eine einfache chemische Reaktion — die Art der in den Rückständen verbliebenen Mineraltrümmer bestimmt werden.

Bei der Ausführung der Sedimentation — einer ebenfalls nur angenäherte Ergebnisse liefernden Probe — wird der lufttrockene, erwärmte Ton in ein mit Teilung versehenes Reagenzglas mit ebenem Boden in der Art eingebracht, daß das unterste Zehntel des Glases mit Ton angefüllt ist; hierauf werden 9 Teile Wasser zugesetzt und die ganze Masse nach Verschluß des Glases des öfteren — etwa innerhalb 12 Stunden — lebhaft durchgeschüttelt, um eine möglichst gleichmäßige Suspension des Tones im Wasser zu bewirken. Bei dem alsdann erfolgten Absetzen der Mischung setzt sich am Boden der Sand, auf ihm der Schluff und hierauf die Tonsubstanz ab; ihre einzelnen Anteile an der Zusammensetzung des Tones sind an der enggeteilten Skala mit ziemlicher Genauigkeit abzulesen. Theoretisch müßte, da die Fallgeschwindigkeit abhängig vom spezifischen Gewichte, der Größe und Gestalt des Kornes ist, eine genaue Scheidung der einzelnen Tonbestandteile nach ihrer Art und Größe eintreten; in der Praxis ist dies aber deshalb nicht zu erwarten, weil einerseits nicht alle Teilchen im Anfange der Bewegung sich gleich weit entfernt vom Boden befinden und die schweren und größeren Teilchen auf ihrem Wege noch unten andere mit sich reißen; deshalb liefert der Versuch vom wissenschaftlichen Standpunkte aus auch nur angenäherte — für die Praxis aber vielfach schon ausreichende — Ergebnisse[1]).

Die Untersuchung durch Abschlämmen kann in einfacher, heut aber wenig mehr üblicher Weise unter Benützung eines gewöhnlichen, unten spitzen Glases und eines dünnen bis auf dessen Boden herabreichenden Glasrohres zur Ausführung gebracht werden, wird aber in der Regel mit Hilfe besonderer Apparate — unter denen der Schönesche Schlämmapparat die erste Stelle einnimmt — durchgeführt.

Bei Verwendung eines Glases werden 30 g zerdrückter, lufttrockener Ziegelerde ½ Stunde lang mit wenig Wasser gekocht und in das Spitzglas eingebracht. Durch das nach unten enger werdende, bis auf den Boden des Glases reichende Glasrohr wird nun Wasser mit ausreichendem Drucke zugeleitet; dasselbe spült die leichtere Tonsubstanz mit den ihr anhaftenden Staub- usw. Teilen aus dem Tongemenge heraus und führt sie über den Rand des Glases in ein dieses umgebendes Gefäß. Die Wasserzuleitung wird solange fortgesetzt bis angenähert vollkommen klares Wasser abfließt. Der im Glase verbleibende Rückstand wird getrocknet und gewogen; er stellt den, dem Ton beigemengten, gröberen Sand usw. dar. Die abgeschlämmte Masse läßt man sich aus dem Wasser wieder absetzen, bringt sie von neuem in das Glas und behandelt sie — nur unter geringerem Wasserdrucke — genau wie vorher; als Rückstand bildet sich jetzt Staubsand („Schluff"), während eine schon ziemlich reine Tonsubstanz mit dem Wasser entweicht, die nach Absitzen bei 100° getrocknet wird.

Der Schönesche Schlämmapparat[2]) beruht in seinem Grundzuge darauf, daß ein aufsteigender Wasserstrahl von verschiedener Geschwindigkeit, je nach dieser, imstande ist, Erdteilchen bestimmter Art und Größe nach oben fortzuführen[3]).

[1]) Genaueres vergl. u. a. Notizbl. 1869. S. 181 u. Jahrb. d. Baugew. 1870. S. 89; bezügl. anderer Sedimentationsmethoden siehe: W. Schütze, Notizbl. 1871. S. 307 u. 1872. S. 185.

[2]) Vergl. u. a. Dümmler, Handbuch der Ziegelfabrikation I. S. 52; desgl. Dr. Zwick, Die Natur der Ziegeltone. S. 143—153.

[3]) E. Schöne hat für Quarzkörnchen eine empirische Gleichung — die sogen. Schlämmformel — aufgestellt, welche ein Verhältnis des Durchmessers des Kornes d zur Geschwindigkeit des aufsteigenden

Vor Beginn des Schlämmens ist es notwendig die festen, körnigen Bestandteile durch ein Sieb von 900 Maschen auf 1 qcm auszuscheiden. Des weiteren erfolgt alsdann die Zerteilung des Tons in a) Tonsubstanz vom Korndurchmesser = 0,01 mm und bei einer Wassergeschwindigkeit von 0,2 mm″. Die Substanz ist, wie schon aus früheren Ausführungen bekannt, ausgezeichnet durch hohe Plastizität, großes Bindevermögen, bedeutendes Schwinden (und Reißen) sowie Eintrocknen zu einer harten, mit dem Fingernagel polierbaren Masse vom spezifischen Gewichte 2,2.

b) In Schluff vom Korndurchmesser = 0,01—0,025 mm bei einer Stromgeschwindigkeit von 0,48 mm″ und einem spezifischen Gewichte = 2,2—2,5. Die in geringem Maße plastische, nicht harte, lose, poröse Masse ist mit dem Fingernagel nicht polierbar.

c) Im Staubsand. Hier beträgt der Durchmesser bis zu 0,04 mm, die Stromgeschwindigkeit bis zu 0,95 mm″. Das beim Reiben im Mörser knirschende, sich aber noch nicht körnig anfassende Material zeigt ein spezifisches Gewicht von 2,6.

d) In feineren und gröberen Sand, je nach der Korngröße von 0,04—0,333 und über 0,333 mm.

Zur Ermittelung der Plastizität des Tones wird dieser in ziemlich steifem Zustand zu Probekörpern der verschiedensten Art geformt. Der Wassergehalt des Tons soll hierbei ein solcher sein, daß der Ton noch gerade von der Hand losläßt, also nicht anklebt.

Ungefähre Anhaltspunkte für eine ausreichende Plastizität des Rohmaterials können die folgenden Untersuchungen bieten[1]):

Tonkugeln, verschiedener Größe, müssen sich, ohne daß Risse am Rande auftreten, auf ihren halben Durchmesser zusammendrücken lassen, desgleichen muß ein zylindrisches Stück sich zu einem Ring oder einer Spirale zusammendrehen lassen, ohne Risse zu zeigen; auch gestattet die Länge der Tonfäden, welche aus einer Presse herausgedrückt, frei nach unten herabhängen, ohne durch ihre Eigenlast abzureißen, desgleichen die Zugfestigkeit eines Tonstranges, einen Rückschluß auf die größere oder geringere Plastizität des Materials.

Schließlich kann auch das Gewicht des Tons zur Beurteilung der vorliegenden Frage herangezogen werden. Streicht man einen möglichst steifen Ton (der gerade nicht mehr an der Hand klebt), in eine metallene Acht-Form — wie solche bei Zugfestigkeitsversuchen der Zement-Mörtel Verwendung findet, so beträgt der Inhalt des entstehenden Normalkörpers rund 70 ccm. Beträgt nun das Gewicht (G) des letzteren 120 g oder weniger, so hat man einen sehr fetten und plastischen Ton vor sich, ist G = 120—125, bzw. = 125—130 bzw. 130—135 bzw. 135—140 bzw. mehr als 140 g

so ist der Ton als				
fett und sehr plastisch	gut plastisch	hinreichend plastisch	mager	sehr mager

anzusprechen.

Wasserstrahles (v in mm″) für die Gleichgewichtslage angibt und aus Versuchen mit Geschwindigkeiten von 0,1—12 mm″ abgeleitet wurde: $\frac{d}{v} = \frac{7}{11}$ 0,0314 mm. Bei Innehaltung dieses Verhältnisses, werden die Quarzkörnchen noch gerade schwebend erhalten. Nimmt d einen kleineren Wert als $v \frac{7}{11}$ 0,0314 mm an, so wird das Körnchen abgeschlämmt, ist d größer, so fällt es zu Boden.

1) Zur annähernden Bestimmung der Plastizität dient ein Apparat von Jochum, vergl. Toni. Z. Nr. 22. 1895.

In ähnlicher Weise, wie oben erwähnt, kann man auch bei Hinzufügung von Magerungsmitteln deren Einwirkung auf den Ton und dessen hierdurch beeinflußtes plastisches Verhalten erfahren.

In enger Beziehung zur Plastizität des Tons steht dessen Schwindmaß, sowie die Gefahr des Eintretens von Rissen und Sprüngen beim Trocknen der Steine bzw. dem Brennprozesse. Da der Stein umsomehr schwindet, je plastischer das Rohmaterial ist, so gibt die Größe der Plastizität einen Anhalt für das Schwindmaß, wie umgekehrt dieses auf den größeren oder geringeren Gehalt an Tonsubstanz und die Güte der Formbarkeit schließen läßt.

Das Schwindmaß wird linear gemessen, dadurch, daß man entweder auf dem Probestein vor Beginn des Trocknens einen Kreis mit einem Halbmesser von 5 bis 10 cm mit dem Zirkel einritzt und dessen Veränderung beobachtet, oder daß man die Meßlänge unmittelbar an der Steinkante festlegt. Zum Messen der Formänderung dient meist ein einfacher, mit einem Nonius versehener Apparat. Da das Schwindmaß wichtig ist, um (mit Rücksicht auf die geforderten späteren Steinabmessungen) die durch dasselbe bedingten Formgrößen zu bestimmen, ist auf seine Ermittelung besondere Sorgfalt zu verwenden.

Beim Austrocknen der Probesteinchen, sollen – wenn möglich – die Verhältnisse nachgeahmt werden, welche später bei der Fabrikation vorliegen; d. h. wie dort soll auch hier dem einzelnen Steine ein verhältnismäßig kleiner Raum zur Austrocknung zur Verfügung stehen. Die Steine sind von Tag zu Tag zu beobachten; zu bestimmen ist neben der Schwindung der Verlust an Wasser bei einer bestimmten Temperatur, desgleichen die Größe des Luftwechsels — also die Schnelligkeit des Trockenprozesses, welche noch eben als zulässig erscheint, ohne ein Reißen oder Verziehen des Materials zu bedingen. Zu den letzteren Untersuchungen dient vielfach ein Trockenkasten aus Eisenblech mit einer Anzahl von wagerechten Fächern, die derartig durchbrochen sind, daß die von unten einströmende Luft in Zickzackrichtung den Kasten durchfließen muß; der Luftzug wird durch eine, im oberen Teile des Kastens brennende Flamme und einen anschließenden Schacht bewirkt; zur Festlegung der Temperatur dient ein Thermometer, während die durchstreichende Luft von einem Anemometer gemessen wird.

Beträgt das Schwindmaß mehr als 10 (oder 12)%, so ist das Rohmaterial zu fett und muß gemagert werden. Es schließen sich dann zweckmäßig Prüfungen an, über die geeignete Menge und Art dieser Magermittel, d. h. über das Bindevermögen des Tones. Hierunter ist also die Fähigkeit des Tones zu verstehen, mit Wasser angemengt, Magerungsmittel aufzunehmen, ohne daß jedoch — nach dem Trocknen — die Festigkeitsverhältnisse nachteilig beeinflußt erscheinen.

Nach Stoermer wird das Bindevermögen aus der Zugfestigkeit verschiedener Proben, hergestellt aus dem zu untersuchenden Tone und Magerungsmitteln verschiedener Art und Korngröße, dadurch bestimmt, daß Probekörper in Acht-Form — wie bei der Zementprüfung — in Formen gestrichen, getrocknet und in lufttrockenem Zustande zerrissen werden. Hierbei kommt man bei allmählichem Zusatze der Magerungsmittel zu einer Grenze, bei der die Zugfestigkeit abnimmt; hier liegt also die Grenze der größten zulässigen Magerung, wenn nicht die Festigkeit des Materials nach dem Trocknen herabgehen soll.

Auch ist die zulässige Magerung an die Bedingung gebunden, daß der getrocknete Stein mindestens 10 kg/qcm Druckfestigkeit aufweisen soll, damit er ohne Gefahr den Transport wie das Brennen auszuhalten vermag.

Die Brennprobe ist eine der wichtigsten Untersuchungen, da sie in erster Linie die Grundlage für die endgültige Beurteilung des Fabrikates liefert; ist es doch erst möglich aus einer Reihe von bei verschiedenen Temperaturen aus demselben Rohmaterial gebrannten Steinen, sich über die zweckmäßigste Verwendung des letzteren Klarheit zu verschaffen.

Bei der Brennprobe zeigt sich bei den verschiedenen Graden die Brennfärbung[1]), das Schwindmaß, die Gefahr eines Aufblähens oder Reißens der Steine, die Grenze der Dichtheit des Scherbens und die Schmelztemperatur; endlich schließen sich hier Untersuchungen an über die Wasserdichtigkeit des fertigen Steins, seine Festigkeitsverhältnisse usw. — Prüfungen auf die im Zusammenhange an anderer Stelle (S. 122 u. f.) schon eingegangen ist.

Als Probekörper finden sowohl kleine prismatische Steine von etwa $9 \times 4{,}5 \times 2$ cm Abmessung als auch dreiseitige Pyramiden nach Art der Seger-Kegel von 2 cm Höhe und 1 cm Grundkantenlänge Verwendung. Dem zu untersuchenden Tone wird hierbei wiederum so viel Wasser zugesetzt (oder entzogen), bis er sich beim Kneten von der Hand loslöst.

Der Brennprobe geht ein sorgfältiges Vortrocknen der Probekörper voraus, meist zunächst in einem besonderen Schranke aus Eisenblech, wie er auf S. 268 schon beschrieben, dann weiter, um alle Feuchtigkeit zu beseitigen, in einem Chamottekasten, der bis auf 150—200° C erwärmt wird. Das Brennen findet ausschließlich in kleineren Versuchsöfen[2]) statt, da man nur hier die Probe dauernd beobachten und die Brenntemperatur beliebig zu steigern vermag; hierbei sind die Proben in hochfeuerfeste Tiegel eingesetzt und neben ihnen die Seger-Kegel angebracht, um die jeweilig vorhandene Temperatur unmittelbar ablesen zu können. In der Regel beginnt man mit Seger-Kegel 0,1 (Silberschmelztemperatur) und geht dann zu S. K. 0,5, 1, 3, 5 usw. vor. Wie schon auf S. 255 erwähnt, sind hierbei nur solche Tone als feuerfest anzusehen, deren Schmelzpunkt oberhalb von S. K. 26 liegt. Diesen hohen Temperaturen werden meist nur „hellbrennende“ Tone unterworfen, da die gefärbten in der Regel nicht zu den feuerfesten zählen; bei rotbrennenden Tonen begnügt man sich meist nur mit der Bestimmung der Dichtbrenntemperatur. Unter diesem Dichtbrennen der Probe ist der Zustand des Scherbens zu verstehen, bei welchem dieser nicht mehr als 2—4% Wasser aufzunehmen vermag. Die Wasseraufnahme wird in der Regel in der Art bestimmt, daß der vollkommen trockene, vorher genau gewogene Stein eine Stunde hindurch in kochendes Wasser gelegt, dann herausgenommen, oberflächlich abgetrocknet und von neuem gewogen wird[3]). Bei Brennversuchen selbst zeigt sich der Eintritt des Dichtbrennens vielfach dadurch, daß die Schwindung nicht weiter zunimmt, oder aber geringer wird, der Stein sich also im letzten Falle zu dehnen beginnt, und somit die Grenze seiner größten Dichtheit bereits überschritten hat.

---

[1]) Die Brennfärbung ist beim Versuche fast nie so kräftig wie später im Großbetriebe.

[2]) Als Versuchsöfen kommen in Frage: der Probier-Muffelofen, der Devillesche, der Issensche, der Segersche, der Heinickesche Gasofen, der Gebläseofen von Selfström usw. Näheres über die Einrichtung dieser Öfen, deren Beschreibung bei der vorliegenden Arbeit zu weit führen dürfte, findet sich in den bereits mehrfach genannten Werken von Dümmler, Zwick, Stoermer, Seger u. a. Eine ausführliche Beschreibung des besonders vielfach verwendeten Devilleschen Ofens gibt auch Hecht in seinem auf S. 260 in Anm. [1]) bereits erwähnten Vortrage.

[3]) Klinker sollen nicht mehr als 2%, Verblendsteine nicht mehr als 4—5% Wasser aufnehmen können, stellen also ziemlich dicht gebrannte Steine dar. Hingegen sollen sich die gewöhnlichen Hintermauerungssteine — bei genügender Festigkeit (150 kg/qcm mindestens) — stark porös zeigen.

Allgemein sei noch bemerkt, daß viele schwer schmelzbare Tone früh dicht brennen, andere Tone mit tief liegendem Schmelzpunkte erst bei sehr hohen Temperaturen sintern und wieder andere — vor allem die kalkhaltigen Rohmaterialien — ein enges Zusammenfallen beider Grenzen zeigen.

Schließlich befaßt sich die mechanische Untersuchung auch noch mit der Ermittelung der wichtigeren schädlichen Beimengungen zum Tone, insbesondere des kohlensauren Kalkes und der zu Ausblühungen usw. führenden Stoffe, Gips, Schwefelkies usw. Während auf die bezüglichen chemischen Ermittelungen im einzelnen bereits bei Besprechung der schädlichen Beimengungen und ihrer Bekämpfung auf Seite 258 u. f. eingegangen ist, sei hier nur noch eine allgemein gültige Probe erwähnt, welche auf einfachstem Wege zeigt, ob später Auswitterungen zu erwarten stehen. Legt man bei einem frisch geformten, noch nicht ausgetrockneten Probestein auf einen Teil seiner Oberfläche ein Blatt Zinnfolie oder Ölpapier und zeigt nach dem Trocknen die bedeckte Stelle eine erheblich andere Färbung als die frei gebliebenen Steinteile, so kann man auf das Vorhandensein von im Ton gelösten Salzen schließen, durch die später Ausblühungen hervorgerufen werden können. Die Art der Salze zu bestimmen, ist alsdann Sache der chemischen Untersuchung, desgleichen die Ermittelung etwaiger Zuschläge, welche die Wirkung der schädlichen Beimengungen aufzuheben haben. Es sei jedoch bemerkt, daß vom wirtschaftlichen Standpunkte aus diese künstlichen Veränderungen des Rohmaterials wegen der erheblichen Kosten meist nur von besseren Steinen getragen werden können; bei gewöhnlichen Ziegeln ist es — worauf an anderer Stelle genauer eingegangen werden soll — vielmehr angebracht, die Beimengungen durch die Art der Ausführung des Brennprozesses — so weit erreichbar — unschädlich zu machen.

Kapitel XV.

Das Aufbereiten und Gleichartigmachen (Homogenisieren) des Tones.

§ 49. Die Gewinnung und Aufbereitung des Ziegeltons im allgemeinen, das Auswintern, Aussommern und Einsumpfen.

Die Gewinnung des Ziegeltons erfolgt in der Regel in offenem Tagesbruch, in Lehmgruben, seltener auf mehr oder minder bergmännische Art; entscheidend für die Betriebsform der Gewinnung sind die Lagerverhältnisse, die Höhe der Abraumschichten, deren mehr oder weniger kostspielige Beseitigung, die Größe des Lagers im Verhältnisse zur Güte des Tones usw.

Im Tagebau findet die Gewinnung des Tons entweder durch allmähliche Abgrabung wagerechter oder wenig geneigter Schichten, oder in Form eines einfachen Terrassenabbaus bzw. eines solchen mit Nischen und Pfeilern statt; hierbei ist zu beachten, daß nach den Vorschriften der Deutschen Ziegeleiberufsgenossenschaft, die Höhe der Absätze nach Material und Lagerstätte einzurichten ist, wobei als Größtmaß das Verhältnis von Höhe zur Breite des einzelnen Absatzes $= 1/3$ innezuhalten ist. Unterhöhlungen der Arbeitsstätte sind nur ausnahmsweise bei starkem Frost und bis zu 50 cm Tiefe und 1,50 m Wandhöhe gestattet. Das eigentliche Lösen der Tonstücke findet durch tief eingetriebene Holzkeile,

durch Abgraben, Abhacken und Sprengen statt; bei letzterer Gewinnungsart werden die Bohrlöcher von oben oder von der Seite bis zu etwa 2 m Tiefe eingestoßen und zur Erhöhung der Sprengwirkung stets in größerer Anzahl hergestellt. Daneben wird der Ton auch mit Maschinenkraft gewonnen; hier kommen in Frage: Grabmaschinen, Löffelbagger, Dampfschaufeln, Exkavatoren, Eimerkettenbagger, Schraper, nach vorheriger Aufpflügung der Erde diese zusammenkratzend u. a. m.

Bei dem bergmännischen Abbau wird entweder zunächst ein Schacht von oben aus oder ein Seitenstollen, mit Auszimmerung versehen, vorgetrieben, deren Querschnitt ausreichend sein muß, für die Materialförderung und Bewegung der Arbeiter sowie für die Vorrichtungen zur Lüftung und Wasserförderung. Von dem bis zur Sohle des Tonlagers durchzuführenden bzw. hier anzulegenden Schachte aus werden wagerecht oder wenig geneigt verlaufende Seitenstollen in etwa 10—20 m Abstand bis zur Grenze des abzubauenden Lagers ausgehoben und ausgezimmert, um dann — von der Grenze beginnend — den zwischen den Seitenstollen lagernden Ton zu gewinnen; hierbei ist vorausgesetzt, daß seine gänzliche Entfernung ohne Gefährdung oberhalb befindlicher Baulichkeiten usw. erfolgen kann; sonst ist man genötigt, einzelne starke Pfeiler, die den Druck von oben dauernd aufzunehmen vermögen, stehen zu lassen. Der Abbau im einzelnen erfolgt mit Picken, Hacken oder Sprengung, wobei zu beachten, daß bei letzterer Abbauart infolge der Sprenggase eine besonders gute Lüftung notwendig ist.

Schon während der Gewinnungsarbeiten werden größere Steine, Mergelknollen, und ähnliche Fremdkörper entfernt. Der Ton selbst wird meist in Form größerer, fest zusammenhängender Stücke gewonnen.

Eine besondere Aufbereitung des Tones ist deshalb fast niemals zu umgehen, weil das in der Natur vorkommende Rohmaterial meist außerordentlich ungleichmäßig ist und nicht selten — vgl. Kapitel XIV. — seine weitere Verarbeitung erschwerende oder das Endprodukt ungünstig beeinflussende Beimengungen aufweist.

Der Endzweck der Aufbereitung, deren Güte und Ausdehnung sich naturgemäß nach der späteren Verwendung des Tons richtet[1]), ist, einen durchaus bildsamen gleichmäßigen Ton zu erzielen, sei es daß beim mageren Material Bestandteile beseitigt oder bei fettem in Form von Magerungsmitteln zugesetzt werden. Im allgemeinen ist die Güte des Endproduktes hauptsächlich durch die Sorgfalt bei der Aufbereitung bedingt, sodaß höhere Kosten, welche diese erfordert, — wie die Erfahrung gezeigt hat — sich durch die spätere leichtere Bearbeitung und die infolge besserer Güte erzielten höheren Preise wieder bezahlt machen, eine Einsicht, der sich die neuzeitlichen Ziegeleien nicht mehr entziehen können.

Im allgemeinen ist in Deutschland eine Aufbereitung des Tons auf feuchtem Wege üblich; die in anderen Ländern vielfach eingeführte „Homogenisierung auf trockenem Wege“ hat hier bisher noch weniger Eingang gefunden.

Das „Auswintern“ des Tones hat die Zerteilung seiner eng zusammenhängenden Tonteilchen zum Zwecke. Hierbei wird, zur Erzielung möglichst großer Angriffsflächen, der Ton in Form von niedrigen, lang durchgehenden Prismensträngen aufgesetzt, zwischen denen schmale Betriebsgänge gelassen werden. Durch das Eindringen der atmosphärischen Feuchtigkeit, vor allem aber durch die Einwirkung des frierenden Wassers im Innern des Tons lockert sich dessen Masse allmählich, bis schließlich der Ton zerfällt. Wenn auch bei günstigen, d. h. durch starke Unterschiede ausgezeichneten, Witterungs-

[1]) Bei gewöhnlichen Steinen oder Drainrohren ist naturgemäß keine so innige Aufbereitung erforderlich als wie bei einem zu Verblendern oder Terrakotten bestimmten Tone.

verhältnissen ein Winter als ausreichend angesehen werden kann, so ist doch für die Güte des Tons eine mehrjährige Auswinterung besser[1]). Der sich hier abspielende Vorgang ist nicht nur mechanisch, sondern auch chemisch, indem die Luft auf die Verwitterung einer Anzahl von Bestandteilen einwirkt, organische Substanzen verwesen, die hierbei sich bildende Kohlensäure weiter zur schnelleren Verwitterung beiträgt, ferner auch unmittelbare chemische Umsetzungen eintreten; so wird der nicht selten vorhandene Eisenkies in schwefelsaures Eisenoxydul umgewandelt, das seinerseits wieder eine Umsetzung des meist auftretenden Kalkes in Gips bewirkt und sich hierbei in das, den späteren Brennprozeß günstig beeinflussende Eisenoxydhydrat verwandelt usw.

Im allgemeinen wintern magere Tone — weil sie leichter Wasser aufnehmen als fette — schneller aus; letztere sollten deshalb möglichst lange auf der „Halde" verbleiben.

Nicht selten wird das Auswintern auch in der Lehmgrube selbst durchgeführt, indem hier nur die obersten Schichten beseitigt werden. Bei einem Abbau in Terrassen stürzen alsdann oft die abgefrorenen Mengen von selbst herab, hierbei sich noch mehr zerteilend.

Weniger üblich ist das Aussommern des Tons; hierbei wird dieser, und zwar gewöhnlich auch nur ein fettes Rohmaterial, in kleinere Stücke zerschlagen und der Sonne ausgesetzt, also getrocknet und zwar bis zur „Knochenhärte"; alsdann hat der Ton die Eigenschaft sehr begierig Wasser aufzusaugen und hierbei vollkommen zu zerfallen, so daß Schichtung, Aderung usw. in ihm verschwinden und er gut plastisch wird; zu beachten ist nur, daß der trocken gewordene Ton nicht wieder feucht werden darf, sondern, daß bald nach Eintritt der Knochenhärte das Übergießen mit Wasser zu erfolgen hat. Es gehört demgemäß auch ein sonniger Sommer dazu, den Ton in erwünschter Weise auszusommern.

Aus diesem Grunde ist auch auf eine Austrocknung des Tons auf Lattenböden[2]) in geschlossenen Räumen sowie auf Herstellung besonderer Darr-Räume mit künstlicher Erwärmung hingewiesen worden.

Das Einsumpfen soll den Ton auf den Grad der Weichheit bringen, der zu seiner Weiterverarbeitung notwendig ist; normaler Ton gebraucht hierzu die Hälfte seines Volumens an Wasser, Lehm rd. nur 1/4, wobei die etwa schon oder noch im Tone enthaltene Wassermenge in Abzug zu bringen ist. Im allgemeinen ist es beim Ziegelton nicht leicht, das richtige Maß an Wasserzusatz zu treffen, da die Grenzen, bei denen der Ton noch zu steif bleibt, bzw. bereits zu weich ist, nahe aneinander liegen; in der Regel wird etwas mehr Wasser als notwendig zugefügt und die richtige Bildsamkeit durch Hinzufügen trocken gemahlenen Tons wieder hergestellt, ein Vorgang der meist kurz von der endgültigen Gleichartig-Machung, d. h. im Tonschneider, erfolgt. Die Sumpfgruben — mit einem Inhalte von 9—25 cbm und höchstens 2 m Tiefe (wenn ihre Füllung und Entleerung nicht beschwerlich werden soll) sollen wasserdicht[3]), also Wände und Boden aus Zementmauerwerk hergestellt sein. Die Zeitdauer des Weichwerdens und demgemäß des Einsumpfens ist abhängig von dem Material; sehr trockener

[1]) In China läßt man die Porzellantonerde lange Jahre auswittern, wodurch ihre besonders große Plastizität bedingt ist, die es gestattet, ganz dünne Gefäße herzustellen. Auch hat die Erfahrung gezeigt, daß man in derselben Zeit von gut ausgewittertem Ton doppelt so viel, wie von weniger gut vorbereitetem, zu verarbeiten vermag.

[2]) Hier können Luft und Wärme auch von unten aus zu.

[3]) Sumpfgruben stehen hier also in bemerkenswertem Gegensatze zu den weiter unten besprochenen Schlämmbecken.

Ton ist oft schon in 12 Stunden verwendbar, gewöhnlicher Ziegelton erfordert meist 3 Tage; hier muß also die Größe der Sümpfe der dreifachen Tageserzeugung der aus ihrem Ton hergestellten Steine entsprechen.

Die Sumpfgrube wird — gegebenen Falles unter Zerkleinerung zu großer Stücke — mit Ton angefüllt; dieser wird mit Wasser besprengt und das Ganze mit Holzstangen ausreichend durchgerührt; schließlich wird noch soviel Wasser zugesetzt, daß es die Tonmasse um wenige Zentimeter bedeckt.

Beim Herausnehmen wird der Ton zunächst an einer Stelle bis zur Sohle fortgenommen und dann von der so gewonnenen Vertiefung aus zunächst an der Sohle abgegraben. Da nunmehr der Ton von oben nachfällt und nach oben gefördert wird, wird durch diese Arbeitsdurchführung eine gute Vermengung der einzelnen nie gleichartigen Schichten des eingesumpften Tones bewirkt.

Sollen während des Sumpfens dem Tone Magerungsmittel zugesetzt werden, so geschieht das Einbringen schichtenweise und vor dem Zuführen des Wassers und dem Durcharbeiten der Masse.

Das früher vielfach beliebte Durchtreten des Tons durch Menschen auf besonderen Tretbühnen, in 10 cm hoher Schicht unter Begießen mit Gießkannen und gleichzeitigem Heraussuchen größerer Steine, ist heute als wenig wirtschaftlich und nicht ausreichend nicht mehr im Gebrauche.

Eine chemische Aufbereitung eines stark gipshaltigen Tons und zwar im Hinblicke auf die sonst später zu erwartenden Ausblühungen der Steine kann durch Hinzufügung von kohlensaurem Barium zur Rohmasse erfolgen — vielfach erst kurz vor der Verformung dieser (vergl. S. 259 und 260). Alsdann bilden sich durch chemische Umsetzung die im Wasser nicht löslichen und daher auch nicht zu Verwitterungen führenden Salze: schwefelsaures Barium und kohlensaurer Kalk; der sicheren Wirkung halber empfiehlt es sich Barium im Überschusse zuzusetzen.

§ 50. Das Gleichartigmachen (Homogenisierung) der Tone durch Maschinen und besondere mechanische Vorrichtungen.

Die zur Homogenisierung des Tones verwendeten Maschinen lassen sich in zwei Gruppen je nach seinem Zustande bei der Bearbeitung einteilen und zwar in Maschinen, die mit trockenem oder erdfeuchtem Ton (I) und solchen, die mit weichem Material (II) arbeiten.

I. Bei der ersten Gruppe kann der Ton bzw. das Tongestein[1]) unmittelbar der Grube entnommen (oder nach künstlicher Trocknung) den Maschinen zugeführt werden. In der Regel sind es hier nur fettere Tone, welche für Gefäßherstellung, feuerfeste Gegenstände, gesinterte Platten u. dergl. benutzt werden, die eine trockene Behandlung erfahren, und zwar durch Zerquetschen, Zermahlen, Zerstoßen, oft unter gleichzeitiger Zuführung oder auch nachträglicher Vereinigung mit Magermitteln, die in gleichartigen Maschinen, wie der Ton selbst, gepulvert werden. Bei gewöhnlichem Ziegelton wird nur dann von der trockenen Homogenisierung Gebrauch gemacht, wenn sich die Rohstoffe nicht auf nassem Wege bis zu ausreichender Formbarkeit bringen lassen.

[1]) Die maschinelle Aufbereitung erspart erheblich Zeit; wollte man z. B. den gewöhnlichen Schieferton durch Auswintern usw. vorbereiten, so würden, bis er ausreichend plastisch würde, mehrere Jahre notwendig sein.

Die Magermittel werden, je nach dem Verwendungszwecke, sehr fein oder gröber gemahlen; bei großer Feinheit entsteht nach dem Brennen ein Körper von sehr gleichartiger Beschaffenheit, der aber sehr hohen Temperaturen und namentlich starkem, schnellem Temperaturwechsel nicht unterworfen werden darf, während bei größerer Körnung der Magerungsmittel gerade die letzteren Eigenschaften vorteilhaft beeinflußt werden, wenn auch auf Kosten des Aussehens der Erzeugnisse; namentlich gilt dies von einem Magermittel mit eckigen Teilchen (gemahlene Chamotte bei feuerfesten Steinen). —

Schließlich wird der bis zur Pulverfeinheit zerkleinerte Ton nach Siebung und Annässung in die weiter unten besprochenen Tonschneider gebracht und in ihnen in eine plastische Masse verwandelt.

Als Maschinen, die hier in Frage kommen, seien genannt:

a) Kollermühlen, Kollergänge: Zwei Walzen bewegen sich in einem eisernen Troge und zerkleinern die in diesem sich befindenden Materialien; hierbei kann die Bodenplatte fest oder beweglich sein[1]). Die Walzen drehen sich in beiden Fällen um sich selbst, im ersteren auch um die senkrechte Achse der Maschine. Mit verhältnismäßig geringer Antriebskraft ($2^1/_2$—3 Hp) leisten die Maschinen sehr viel. Sie werden auch mit Siebvorrichtungen versehen, sodaß der genügend zerkleinerte Ton möglichst schnell aus dem Kollergange entfernt und hierdurch ein leichterer Gang der Maschine erzielt wird. Für weichere Tone ist das Material gewöhnlicher Eisenguß, sonst werden die Ringflächen der Walzen (Läufer) und die Bodenplatte von Hartguß hergestellt und leicht auswechselbar angefügt. Die Entfernung des gemahlenen Gutes erfolgt selbsttätig durch besondere Vorrichtungen. Der Antrieb der Maschine kann nach Erfordern von unten oder oben aus geschehen, greift aber meist oben an. Die meist verwendeten Gänge sind sogenannte Naßkollergänge (mit festen Bodenplatten), welche ein leidlich feuchtes Material — in grubenfeuchtem Zustande — zerkleinern (Abb. 48) und in vielen Fällen geeignet sind, andere Vorbereitungsmaschinen zu ersetzen; namentlich haben sie auch eine gute Wirkung bei starker Verunreinigung des Tons durch Steine. Oft ist bei den Naßkollergängen noch ein anschließendes Feinwalzwerk erforderlich, da man die Löcher in der Stahlbodenplatte, durch die das gemahlene Gut entweicht, nicht so klein wählen kann, wie es das Rohmaterial eines besseren Ziegels erfordert. Die Bauart des in Abb. 48 dargestellten Naßkollerganges der Zeitzer Eisengießerei und Maschinenbau-A.-G. zu Köln-Ehrenfeld ist die folgende:

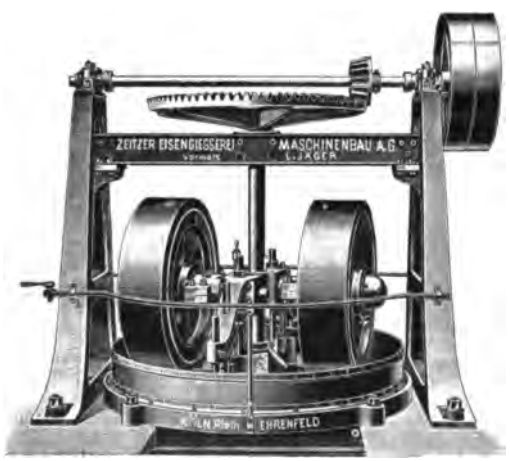


Abb. 48.

Das Gestell besteht aus hohen Ständern und kräftiger Querverbindung; auf ihnen baut sich der konische Räderantrieb auf. Der Teller ist festliegend. Die Läufer bewegen sich unabhängig voneinander, indem ein jeder an besonderer Kurbel in Umdrehung versetzt wird, die ihrerseits durch

[1]) Für die Abnutzung und den ruhigen Gang der Maschine ist im allgemeinen der feststehende Teller zweckmäßig; hier sprechen aber — vergl. die Trockenkollergänge S. 275 — auch noch andere Gesichtspunkte mit.

Vermittelung eines schweren Kopfstückes mit der Vertikalachse in Verbindung stehen. Die Tellerplatten sind mit eigenartig gebildeten Rundlochungen ausgeführt, da nur solche eine möglichst gute Zerkleinerung und Vermischung sichern. Die Befeuchtung des Materials erfolgt durch ein Berieselungsrohr.

Die neben den vorgenannten Gängen, wenn auch seltener vorkommenden, Trockenkollergänge dienen in der Ziegelindustrie vorwiegend zum Vermahlen von Tonschiefer. Da es sich hier meist um ein Zerkleinern bis auf Pulverfeinheit handelt, so wird das Material gleich im Kollergange auf die gewünschte Feinheit gebracht und abgesiebt. Diese Absiebung ist eine dauernde und verlangt eine Lage der Siebe außerhalb der Kollerbahn, damit sie sich nicht verstopfen. Aus diesem Grunde werden die Trockenkollergänge vorteilhaft mit beweglichem Teller ausgeführt.

Der in Abb. 49 wiedergegebene Trockenkollergang, ebenfalls eine Ausführung der Zeitzer Fabrik zu Köln-Ehrenfeld, hat zwei um ihre Horizontalachse sich drehende Läufer und eine bewegliche Kollerbahn. Die Horizontalachsen der Läufer liegen in seitlich an den Ständern angeschlossenen Geradführungen, welche den Achsen Bewegungen innerhalb bestimmter Grenzen nach oben und unten zu gestatten. Der Antrieb erfolgt hier durch ein konisches Räderwerk von unten aus. Ein Scharrwerk führt fortwährend das gemahlene Material nach den am äußersten Umfange des Tellers liegenden Siebplatten. Der genügend zerkleinerte Ton fällt durch die sich nach unten erweiternden etwa 5 mm großen Löcher der Siebe, während das gröbere Mahlgut wieder unter die Läufer geführt wird. Je nach der gewünschten Korngröße sind die Siebplatten auswechselbar. Durch die Siebe gelangt das Feingut in eine ringförmige Rinne, aus welcher es von Abstreichblechen oder Räumern durch eine Öffnung nach unten, z. B. in den Trog eines Brecherwerkes befördert wird.

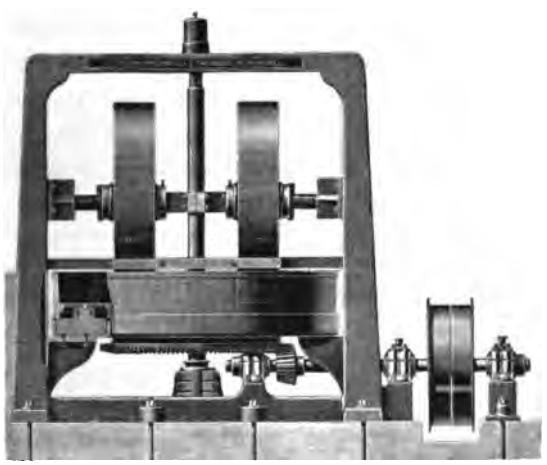


Abb. 49.

Abb. 50.

b) Desintegratoren, Schleudermühlen, heute vielfach durch Kollergänge und die unter c erwähnten Walzenmaschinen ersetzt, bestehen meist aus drei ineinander steckenden, um dieselbe Achse sich drehenden Zylindern[1]), deren Mäntel aus einzelnen, nahe an einanderliegenden Stahlstäben gebildet sind.

Der mittlere Zylinder bewegt sich hier in entgegengesetztem Drehsinne wie der innere und äußere, und wie diese mit erheblicher Geschwindigkeit. Die zu zerkleinernde Masse gelangt zunächst in die innerste Trommel und wird beim Gegenschleudern durch die Stäbe zerkleinert. Die notwendige Antriebskraft ist hoch, aber auch die Leistung der Maschine eine gute[2]).

c) Walzenmaschinen finden Verwendung, wenn der Ton keine großen Steine enthält; sie zeichnen sich bei verhältnismäßig geringer Betriebskraft durch gute Leistung aus. Die meist zu zweien vorhandenen und mit verschiedener Geschwindigkeit[3]) laufenden

1) Z. B. der Caarsche Trommel-Desintegrator.

2) Bei 7 Hp. werden 7000 kg in 1 Stunde verarbeitet.

3) Walzen mit gleicher Geschwindigkeit zerdrücken nur den Ton, während solche mit verschiedener Geschwindigkeit ihn zugleich zerreißen; allerdings nützt sich die schneller rotierende Walze auch mehr ab.

Walzen haben die Form von Zylindern oder Kegeln[1]); letztere Formen empfehlen sich namentlich bei Ton in größeren Klumpen, zumal sie auch besonders harte Beimengungen seitlich hinausschieben und in der Regel ihre regelmäßige Form besser bewahren als Zylinderwalzen; ihre Oberflächen sind je nach der Tonart glatt oder mit Riffelung, Zähnen, Stacheln u. dergl. versehen. Besonderer Wert ist auf die Festigkeit und Unbeweglichkeit des Gestells zu legen.

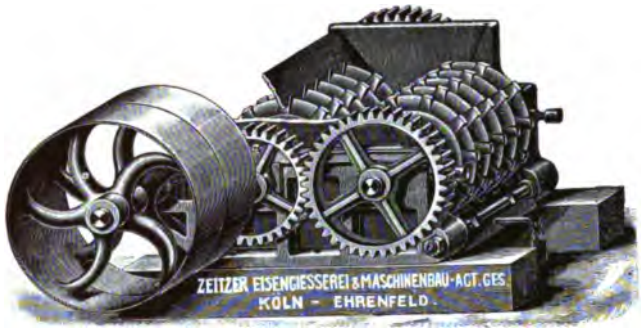


Abb. 51.

An einzelnen Arten werden unterschieden:

α) Glattwalzwerke. Jede Walze besteht aus einem gußeisernen Walzenkern, auf welchen der konische Walzenmantel aus Stahlhartguß aufgezogen ist; jede Walze erhält einen nachstellbaren Schieber zur Selbstreinigung. Der Antrieb befindet sich in der Regel nur auf einer der Walzenachsen, während die andere durch Vermittelung eines Mitnehmer-Zahnrades in Drehung versetzt wird[2]).

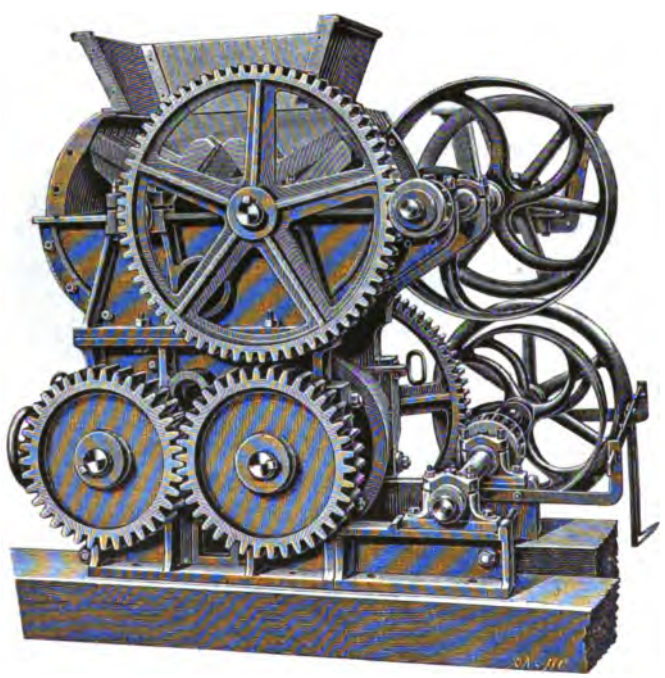


Abb. 52.

Die Aufgabe der Maschine ist, die gewachsene Struktur des erdfeuchten, im Äußern nicht schlüpferigen Tons zu zerstören, namentlich kleinere Tonknoten zu zerdrücken, da gerade diese oft das Reißen fertiger Steine veranlassen.

Das in Abb. 50 dargestellte glatte Walzwerk (der Firma H. Bolze & Co. in Braunschweig) ist gleich so eingerichtet, daß es unmittelbar auf die Ziegelmaschine aufgesetzt werden kann.

β) Brechwalzwerke. Sie finden Verwendung zum Vorwalzen nasser, stückiger aber steinfreier Tone, die ungewintert oder in nicht genügend vorbereitetem Zustande zur Verarbei-

[1]) Konische Walzen haben bei gleicher Umdrehungsanzahl der Wellen, wenn sie sich gegenüber liegen, von Natur aus ungleiche Umfangsgeschwindigkeiten, da der kleinere Durchmesser der einen Walze, dem größeren der anderen gegenübersteht. Hierdurch sind gegenüber zylinderischen Walzen wesentliche Vorteile erzielt, bestehend in: Ersparnis an Betriebskraft, besserer Tonverarbeitung, namentlich besserer „Einziehung" des Tons.

[2]) Nur wo es sich um sehr große Leistung bei eng gestellten Walzen und demgemäß bei Vermeidung allzugroßer Walzendurchmesser darum handelt, die Walzen sehr schnell laufen zu lassen, empfiehlt es sich eine jede der beiden Walzenachsen für sich anzutreiben.

tung gelangen, oder von fetten, festen, schiefer- oder sandsteinartigen Tonen. Während außen feuchte und schlüpfrige Tonstücke von Glattwalzen nur schlecht gefaßt werden, greifen die eigenartig geformten Brechwalzen dieselben ohne Schmierigkeit an, selbst wenn das Material in größeren, nassen Stücken eingebracht wird. Da die Brechwalzwerke den Ton nicht so fein wie notwendig zerkleinern, wird in der Regel ein solches Walzwerk über einem Glattwalzwerke montiert, das alsdann die Arbeit des ersteren vervollständigt.

Das in Abb. 51 dargestellte Brech-Walzwerk[1]) zeigt Walzen mit eigenartig gezähnten Walzenmänteln, welche leicht auswechselbar sind. Die Zähne greifen in entsprechende Rillen der Gegenwalze ein, so daß selbst schwere Tonstücke sicher eingezogen werden und das lästige Nachstopfen entfällt.

In Abb. 52 und 53 ist ein ähnliches Brechwalzwerk (Stachelwalzwerk) mit darunterliegendem glattem, konischem Glattwalzwerke dargestellt[2]).

Das oben liegende, zum Vorbrechen der Schollen dienende Stachelwalzwerk besteht aus 2 mit kreuzweise aufgesteckten Messern armierten Wellen, die sich gegeneinander drehen und über denen sich ein Rost aus starkem Flacheisen befindet, durch welchen die Messer hindurchgreifen, vergl. Abb. 52, in der ein Teil des obigen Mantels fortgenommen ist, sowie den Querschnitt in Abb. 53. Durch die Anordnung des Rostes ist erreicht, dass man den Walzen größere Tonmassen (z. B. den ganzen Inhalt eines Kippwagens) zuführen kann, da diese hier nicht die Walzen belasten, sondern von dem Rost aufgenommen werden.

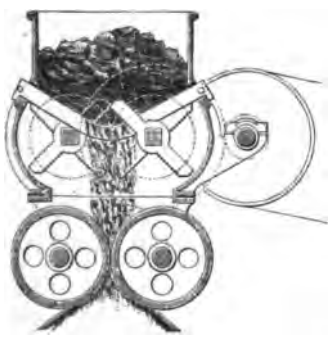


Abb. 53.

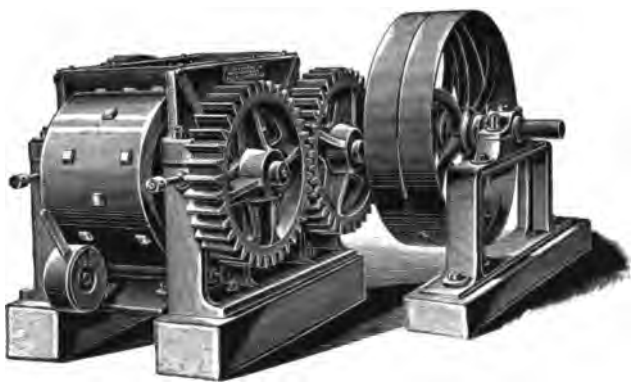


Abb. 54.

γ) Das Nockenwalzwerk, mit zylindrischen Walzen und auswechselbaren Stahlnocken auf den Stahlmänteln dieser, vergl. Abb. 54[3]).

Der Antrieb ist einseitig, die zweite Walzenachse wird durch Mitnehmezahnräder bewegt. Das Walzwerk eignet sich zum Vorwalzen von festen, stückigen, mit nicht sehr harten Steinen versetzten Ziegeltonen. Die Zerkleinerung erfolgt bis zur „Bohnen"-Größe; das Walzwerk ist also nur ein „Vorwalzwerk".

δ) Desintegrator-Walzwerk. Die Walzen zeigen verschieden große Durchmesser; die kleine Walze ist mit Stahlnocken versehen, während die große eine zylindrische Glattwalze ist. Die Nockenwalze läuft mit hoher Geschwindigkeit, die andere langsam. Die hierdurch bedingte Differenzgeschwindigkeit bewirkt in Verbindung mit der Walzenausbildung eine besonders günstige Zerreißarbeit; jede Walze erhält unmittelbaren Riemenantrieb. Die Maschine verarbeitet jeglichen, von harten Steinen freien Ton, gleich ob fett, mager, feucht oder naß.

---

[1]) Von der Firma Zeitzer Eisengießerei und Maschinenbau A.-G. Köln-Ehrenfeld (vormals Louis Jäger) hergestellt.

[2]) Hergestellt von der Firma H. Bolze u. Co. Braunschweig.

[3]) Vergl. die vorstehende Anm. [1]).

ε) Das Walzwerk (DRP. 116608)[1], dargestellt in den Abb. 55[2] und 56 a b, vereinigt durch die Art der Walzen ein Vor- und Feinwalzwerk in einer einzigen Maschine und hat demgemäß besondere wirtschaftliche Bedeutung.

Hier bestehen — vergl. die vorigen Abb. — die Walzen aus mehreren Hartstahlringen a u. b und den Walzendeckeln c u. d, die so gebildet sind, daß die Walzenoberfläche eine gleichmäßig verlaufende Wellenfläche bildet. An den konvexen Wellenteilen sind „Einzugskörper" — e — angebracht, welche beim Drehen der Walzen in Schlitze f der konkaven Ringteile eingreifen.

Da somit die Walzen trotz der Einzugskörper ganz eng aneinandergestellt werden können, liefern die Wellenwalzwerke für sich allein ein Feinwalzerzeugnis, zu dessen Herstellung sonst meist ein Brechwalzwerk und ein Glattwalzwerk notwendig sind.

Die Abnutzung der Walzen ist hier eine geringe und gleichmäßige, was dadurch erklärlich wird, daß durch die Einzugsvorrichtung ein Schleifen des Materials (besonders auf die Abnutzung einwirkend) vermieden wird.

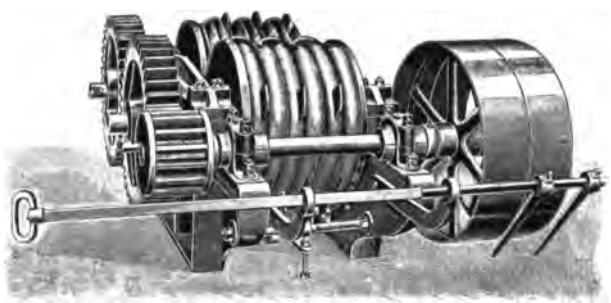


Abb. 55.

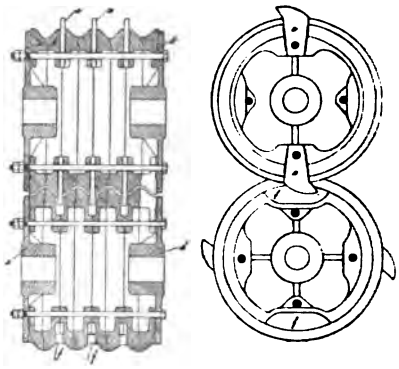


Abb. 56 a und b.

d) Ferner finden, wenn auch weniger häufig, Verwendung:

α) Pochwerke mit senkrechten Stempeln arbeitend, nicht günstig wegen des Geräusches, der starken Erschütterung, der Staubbelästigung, der starken Abnutzung und der nicht besonders genauen und guten Arbeit.

β) Steinbrecher; mehr zum Zerkleinern von Magerungsmitteln verwendet; hier läßt man das Material zwischen zwei maulartig gegeneinander bewegte Platten fallen, deren Zwischenraum keilförmig ist, sodaß eine allmähliche Zerkleinerung erfolgt.

γ) Kugelmühlen, zur Mahlung von Magerungs- und Glasurmaterialien benutzt[3] usw. usw.

II. Zu den maschinellen Vorrichtungen, welche — oft im Anschlusse an die unter I erwähnten Einrichtungen — den Ton in feuchtem, weichem Zustande bearbeiten und gleichartig machen, gehören in erster Linie die Tonschneider, alsdann Schlämmvorrichtungen.

a) Die Tonschneider, von den einzelnen Fabriken in sehr verschiedener Ausgestaltung der Einzelteile geliefert, bestehen hauptsächlich aus einem zylindrischen oder konischen Behälter, in dessen Innerem sich eine lang durchgehende Welle (selten zwei)[4] bewegt, die mit Messern, Schraubenflügeln, Schaufeln, Schnecken, gekrümmten

[1] Hergestellt von den Gelsenkirchener Gußstahl- und Eisenwerken (vorm. Munscheid & Co.) zu Gelsenkirchen i. W., erfunden von dem techn. Direktor der Drache'schen Ziegelwerke in Budapest M. Condula.

[2] In Abb. 55 ist das die Walzen umschließende Gehäuse fortgelassen.

[3] Vergl. S. 145 Anm. [2]).

[4] Tonschneider mit 2 sich entgegengesetzt drehenden Wellen finden sich z. B. in der Chamottesteinfabrikation; meist gelangt hier der Ton auch durch 2 Auslaßöffnungen nach außen.

Scheiben u. dergl. besetzt ist; diesen fällt die Aufgabe zu, den an der einen Seite des Behälters eingeführten Ton zu zerschneiden, zu vermischen, zu kneten und hierbei vorwärts nach dem anderen Ende des Behälters zu schieben. Hier schließt sich nicht selten gleich die Vorrichtung zum Formen der Steine, Rohre usw. an. Es fallen mithin die Tonschneider für eine Anzahl von Erzeugnissen des Ziegelgewerbes mit den Formmaschinen zusammen.

Je nachdem der Behälter des Tonschneiders liegt oder steht unterscheidet man:

α) liegende, β) stehende Tonschneider.

α) Die liegenden Tonschneider werden vielfach in Verbindung mit Glattwalzen geliefert, die einerseits den Ton nochmals fein zerdrücken und andererseits für den Tonschneider als Speisewalze wirken, da sie eine regelmäßige Zuführung des Tones bedingen. In der Regel wird das Walzwerk durch Zahnantrieb mit der Antriebsachse des Tonschneiders in Verbindung gebracht, also mittelbar angetrieben. Vorrichtungen zum Aufklappen des Behälters zwecks Revision seines Innern sind notwendig; gegenüber stehenden Tonschneidern haben die liegenden den Vorteil, daß sie die Masse besser durcharbeiten und längere Zeit kneten, weil hier die eigene Schwere des Tons seinem Durchgange durch die Maschine nicht förderlich ist; diesem Vorteile stehen gegenüber als nicht allzu erhebliche Nachteile, eine stärkere Triebkraft und eine vergrößerte Aufstellungsfläche.

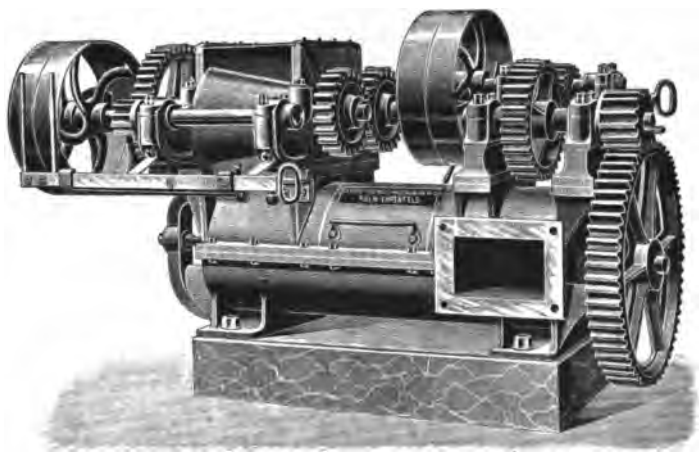


Abb. 57.

Auch zur Vermengung von Ton mit Magerungsmitteln (Chamotte, Kohle usw.) ist der liegende Tonschneider bestens bewährt.

Der in Abb. 57 dargestellte Tonschneider der Zeitzer Fabrik[1]) ist eine liegende Maschine mit seitlichem Austritt des Tons und in Verbindung mit einem Walzwerk über dem Einwurf.

Der Behälter ist zylindrisch und besteht behufs Nachsehens und Reinigung der inneren Teile aus zwei verschraubten Teilen. Die durchgehende Messerwelle ist vorn und hinten gelagert, und am hinteren Ende mit einem gehärteten, stählernen Zapfen versehen; dieser drückt gegen eine gleichartige, nachstellbare Spindel und nimmt so den Druck des Tons gegen die Messer auf; letztere sind aus bestem Stahl und leicht auswechselbar. Der Antrieb von Tonschneider und Walzwerk ist hier voneinander unabhängig.

Einen ähnlich konstruierten Tonschneider — und zwar in geöffnetem Zustande — läßt Abb. 58 erkennen, Bauart Bolze-Braunschweig. Weitere liegende Tonschneider werden im folgenden Kapitel bei den Formmaschinen für Ziegel vorgeführt werdem.

β) Die stehenden Tonschneider sind in ihrer Gesamtanordnung der unter α) erwähnten Bauart durchaus entsprechend. Das Gefäß ist hier rein zylindrisch oder auch nach unten verjüngt. Ein jedes der nach der Achse zu verstärkten Messer umfaßt (wie bei α) diese auf etwa $^1/_8$—$^1/_4$ des Behälterdurchmessers; die einzelnen Messer

[1]) Vergl. Anm. [1]), S. 277.

sind so zueinander angeordnet, daß in der Horizontalprojektion zwischen ihnen freie Räume verbleiben, damit der Ton nicht nur zerschnitten, sondern auch — wobei die eigene Schwere mitwirkt — nach unten fortbewegt wird. Am obersten Messer ist eine Schabevorrichtung angebracht, welche etwa an der Behälterinnenseite sich ansetzenden Ton entfernt. Den Behälter durchdringende dünne Bolzen verhindern ein Ansetzen des Tones an die Messer (wie bei α). Ein Beispiel der vorwiegend bei größeren Handstrichziegeleien verwendeten Maschine gibt Abb. 59[1]).

Der gußeiserne zylindrische Mantel ruht auf einem schweren Untergestell. Der Antriebmechanismus besteht aus 2 Zahnradvorgelegen und Riemenscheibe. Der Zylinder ist mit einer Putztüre versehen; an seinem unteren Ende befindet sich die Ausgangsöffnung für das verarbeitete Material, welche beliebig weit oder eng gestellt werden kann.

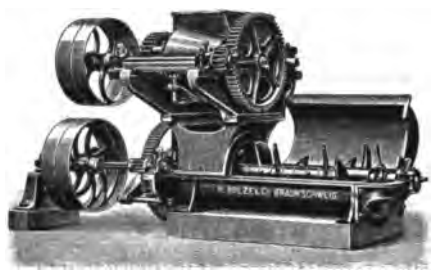


Abb. 58.

Abb. 59.

Soll der Tonschneider durch Tierbetrieb bewegt werden, so wird die Tonschneiderachse unmittelbar in ihrem oberen Teile als Göpelwelle benutzt und ausgebildet und an sie der hölzerne Zugbaum angeschlossen. In der Regel genügt ein Pferd zum Betriebe. Leistung an Ton bis zu 10000 Normalsteinen an einem Tage.

b) Schlämmvorrichtungen. Durch Schlämmen des Tones, ein zwar umständliches und teures Verfahren, wird ein sehr gleichmäßiges Endprodukt erzielt; deshalb ist das Schlämmen trotz der hohen Kosten von vielen Ziegeleien eingeführt, da die Mehrausgaben durch die spätere, bequeme Weiterverarbeitung des Tons und die Güte des Fabrikates wieder ausgeglichen werden. Durch das Schlämmen werden allmählich von der Lehmmasse die spezifisch schwereren, in ihr enthaltenen Beimengungen ausgeschieden, bis schließlich nur noch reine Tonsubstanz oder ein gewünschtes Gemenge dieser mit den magernden, im Lehm enthaltenen Stoffen zurückbleibt. Inwieweit im letzteren Sinne der Schlämmprozeß auszudehnen ist, entscheidet die verlangte Tonqualität, also der spätere Verwendungszweck und unmittelbar ein diesem letzteren Rechnung tragender Schlämmversuch (Probeschlämmen vergl. S. 266).

Der Schlämmbetrieb kann ein unterbrochener oder kontinuierlicher sein, je nachdem man den Ton sich nacheinander in einzelnen Gruben mit zwischenliegenden Ruhepausen absetzen, oder bei ausreichender Wassermenge dauernd einen Wasserstrahl auf den Ton einwirken läßt. Daß hierbei auch gegebenenfalls Magermittel hinzugefügt werden können, liegt auf der Hand. Als Maschinen, welche den Ton durchrühren, kommen in Frage:

[1]) Vergl. Anm. [1]), S. 277.

α) Rührwerke oder Mischer mit senkrechter Welle;
β) Schlagwerke mit wagerechter Welle;
γ) Trommelwerke mit sich drehenden äußeren Zylindern.

α) Die Rührwerke besitzen in der Regel zylindrische Behälter aus Mauerwerk, Verbundbau, Holz oder Eisen, in dem sich ein Rührwerk mit festen, senkrecht stehenden Armen, harkenförmigen Vorrichtungen und dergleichen bewegt. Abb. 60 und 61 a b.

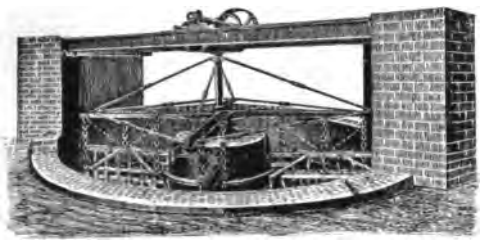


Abb. 60.

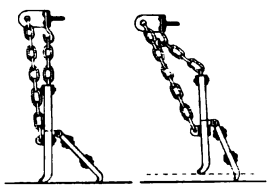


Abb. 61 a, b.

Das hier dargestellte Patent-Harken-System Lüdicke-Werder a. d. H., zerschlägt infolge seiner Schwere und schnellen Bewegung die eingeworfenen Tonmassen; hierbei springt — an den festen Ton anprallend — Abb. 61 b — die Harke zurück, ohne jedoch aus ihrer Senkrechten zu kommen oder die ganze maschinelle Vorrichtung zu erschüttern, während der nach hinten angeschlossene kürzere Arm eine weitere Zerteilung der zerschnittenen Tonballen bewirkt. Nach dem vollkommenen Aufrühren des Tones läßt man den oben stehenden Tonschlamm ablaufen und leitet ihn über ein Sieb hinweg nach Absatzgruben, während — nach Anhalten des Rührwerks — die in diesem verbliebenen Rückstände beseitigt werden. Um ein Anhalten zu ersparen, also kontinuierlich arbeiten zu können, können die Nebenharken so geführt und gestellt werden, daß sie die zu Boden fallenden Verunreinigungen allmählich nach einer in der Mitte des Rührbehälters liegenden Vertiefung schieben. Von hier aus können die genannten Stoffe mit irgend einem Becherwerke oder einer ähnlichen Transportvorrichtung in einem in der Mitte des Rührwerkes für diesen Zweck angeordneten festen Zylinder nach oben geführt werden, ohne daß die Maschine angehalten zu werden braucht.

Die in Verbindung mit den Rührwerken benutzten Schlämmgruben, in denen der Ton eine bestimmte, durch Versuche festzulegende Zeit absitzt (um gegebenenfalls alsdann in weitere Gruben geleitet zu werden), sind zweckmäßig in Sandboden anzulegen, und sowohl Wände wie Sohle nicht abzudichten; den Abzug des Wassers unterstützt eine Drainage der Sohle aufs beste, da wegen Verschlämmung des Sandes durch Tonteilchen dessen Wasserleitungsfähigkeit bald aufhört. In den Schlämmgruben können dem Ton auch Magermittel zugeführt werden, zweckmäßig alsdann, wenn sich auf dem Tone kein Wasser mehr absetzt. Die fein gemahlenen und gesiebten Mittel werden alsdann in genau vorher bestimmter Menge[1]) auf den Tonbrei aufgestreut und mit diesem vermischt.

β) Schlagwerke; sie bestehen aus wagerecht oder wenig schräg liegenden, zylindrischen, oben meist offenen Behältern, in deren Inneres an wagerechter, sich drehender Achse ein Rührwerk eingefügt ist. An Stelle dieses, aus der Achse und einzelnen Armen bestehend, kann auch ein nur aus Eisenstäben gebildeter Zylinder Verwendung finden, der zunächst den Ton aufnimmt und ihn bei seiner Drehung in den ihn umgebenden mit stetigem Wasserzuflusse versehenen Behälter abschlämmt;

[1]) Diese Menge wird durch Wägung und Messung bestimmt. Hat man z. B. 1 l Schlämmflüssigkeit von 1200 g Gewicht, in der die suspendierte Masse ein Volumen von 50 ccm besitzt, d. h. 50 g Wasser verdrängt, so besteht die Flüssigkeit aus $1200 - (200 + 50) = 950$ g Wasser und 250 g fester Substanz. Hiernach bestimmt sich die Menge von Körpern, die in einem bestimmten Volumen Schlämmflüssigkeit vorhanden ist, bezw. der Wasserzusatz, der zu ihm hinzugefügt werden muß, um eine Schlämmasse von bestimmtem Gewichte für je 1 l zu finden.

hierbei fallen kleinere Verunreinigungen durch die Stäbe (Mantellinien) des Zylinders in den Behälter, während größere Steine in demselben verbleiben und nach dem tiefer gelegenen Ende rutschen, wo sie zeitweise von Hand aus entfernt werden.

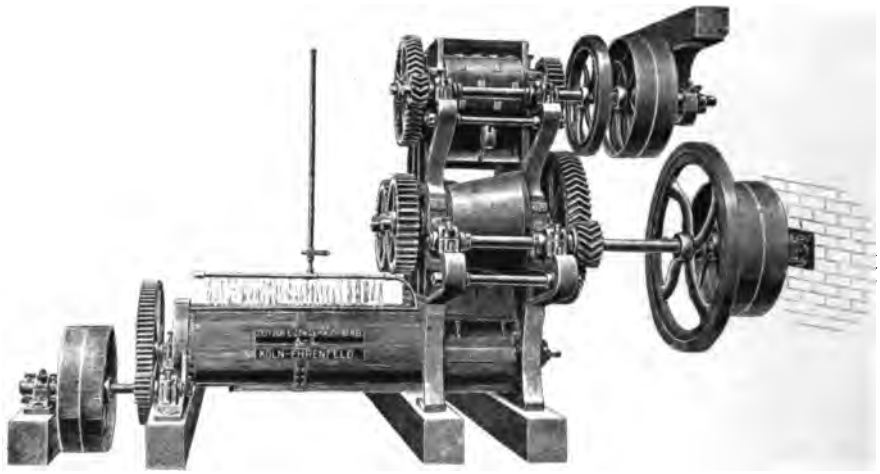


Abb. 62.

Sehr oft sind, wie aus den Abb. 62 und 63 ersichtlich ist (Bauart der Zeitzer Eisengießerei usw. zu Köln-Ehrenfeld), Schlagwerke mit Walzwerken oder Formmaschinen verbunden.

Während sich die Zusammenstellung in Abb. 62 hauptsächlich zur Verarbeitung von schwerem, steinigem Tonboden als Vorbereitung für eine Ziegelpresse oder für Handstreicherei eignet, ist die Bauart in Abb. 63 für reine und milde Tonarten zu verwenden, die nach Passieren des Rühr- und des Glattwalzwerkes unmittelbar zur Verformung sich eignen.

Abb. 63.

γ) Bei den Trommelwerken bewegt sich der zylindrische, geschlossene Behälter zwischen äußeren Führungsrollen in entgegengesetztem Sinne und erheblich langsamer als das sich in seinem Innern drehende Rührwerk. Die Zuführung des Tones erfolgt durch eine Schnecke mit Trichter, welche den Ton in die Trommel drückt; der geschlämmte Ton fließt bei dauerndem Zulauf des Wassers von oben durch das untere Ende der Trommel ab[1]).

Auf erheblich anderen Konstruktionsgrundsätzen wie die vorhergehend beschriebenen Ziegelmaschinen, die je nach den Rohstoffen und dem Endzwecke bald in dieser, bald in jener Vereinigung zu gemeinsamer Tätigkeit verbunden werden, beruhen

1) Eine derartige Maschine liefert z. B. bei 2 m Φ und 2,6 m Länge und einem Antrieb von 3 HP täglich Ton für rund 8000 Normalziegel.

die nachfolgenden beiden Anordnungen; sie können als mehr einheitliche Maschinen angesprochen werden, welche auf besonders kurzem Wege den Ton von der Beschaffenheit an, wie ihn die Natur liefert bis zur vollkommenen Gleichartigkeit und genügenden Plastizität verarbeiten.

a) Der Elapidator (DRP.) von H. Kühne (i. Fa. Petersen), Hadersleben, eine Ziegeltonreinigungs- und Mischmaschine. Abb. 64.

Dies Maschine reinigt den Ziegelton von Steinen, Kalk und anderen Fremdkörpern in bester Weise und Arbeit dabei selbst ganz fetten, langen wie kurzen Ton in vorzüglicher Weise durch. Die Ausscheidung erfolgt vermittelst von Drahtgittern, welche in zwei nebeneinander liegenden Kästen abwechselnd durch den zu reinigenden Lehm hindurchgepresst werden (DRP. 144709); hierbei werden die Fremdkörper in die an ihrem Ende nach unten gekrümmten und offenen Abfallrohre gegen hier liegende

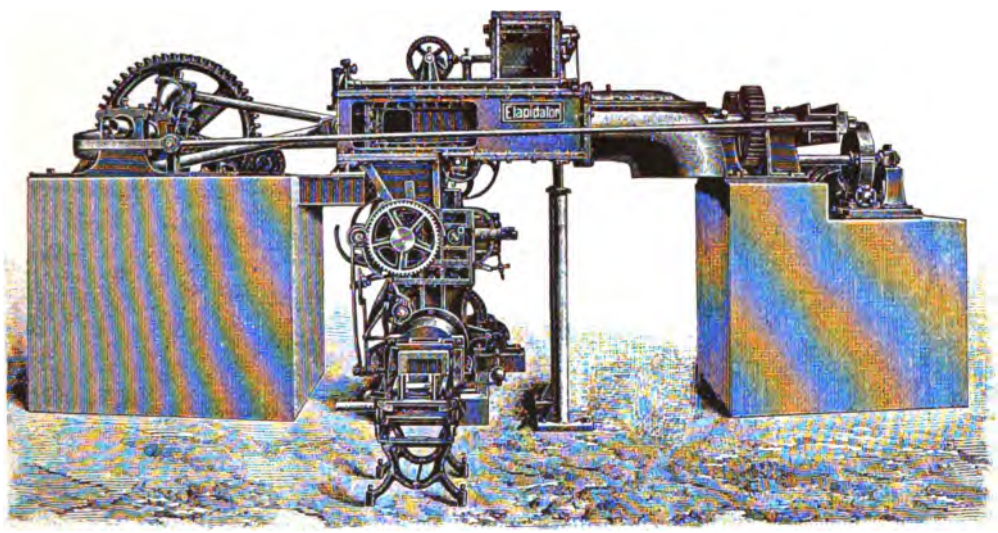


Abb. 64.

Transportschnecken gepreßt, während der reine Lehm durch die Gitter hindurchdringt und von letzteren bei deren Rückgang zu Ausfallöffnungen geführt wird. Von hier aus gelangt er entweder auf Transportvorrichtungen oder unmittelbar in die unter den Elapidator aufgestellten Ziegelpressen — vgl. Abb. 64.

Die im Abfallrohre angebrachte Transportschnecke befindet sich für gewöhnlich in Ruhe und ist durch eine Friktionskuppelung mit einer sich ununterbrochen drehenden Welle verbunden. Sobald der durch wiederholte Zuführung von fremden Beimengungen auf die Schnecke ausgeübte Druck eine bestimmte Größe erhalten hat, tritt die Kuppelung in Wirksamkeit und die Schnecke entfernt die Rückstände aus der Maschine in durchaus automatischer Weise.

Die Reinigung des Tons ist abhängig von der Art des Drahtgitters, dessen „Harfen" leicht auswechselbar eingerichtet sind. Bei einer Stundenleistung von Material für 1000—3500 Normalsteine beansprucht die Maschine, je nach der Beschaffenheit des Tons, 8—10 HP.

b) Der Tonreiniger und Homogenisator des Eisenwerkes Bernsdorf O.-L. (E. Uhlich) DRP.

Die Maschine beruht auf dem Grundsatze einer rotierenden Scheibe, gegen die vermittelst einer kleinen Schneckenpresse — der „Speisepresse" — der Tonstrang und zwar durch einen dünnen Arbeitsschlitz gedrückt wird. Während alle schädlichen festen Beimengungen zurückbleiben, wird der durch den Arbeitsschlitz gezogene, an der Scheibe haftende Ton unterhalb automatisch abgestrichen, um entweder in eine Ziegelpresse zu fallen, oder zwecks weitergehender Verfeinerung in eine zweite Maschine zu gelangen. Die Rückstände werden durch ein hin- und hergehendes, den Arbeitsschlitz stets freilassendes Messer nach rechts- und links in seitlich von der Scheibe angeordnete Kästen, „Steinfänge", geschoben zugleich zerteilt dieses Messer auch den vor dem Arbeitsschlitz befindlichen Ton.

Kapitel XVI.

Das Formen, Trocknen und Brennen der Ziegelwaren.

§ 51. Das Formen der Ziegelwaren.

Die Formung kann vor sich gehen von Hand aus und durch Maschinen.

Während das Handformen vorwiegend in kleineren Werken und namentlich in solchen üblich ist, welche im Winter keinen Betrieb unterhalten, ist die bei weitem wirtschaftlichere Arbeit durch Maschinen in allen größeren und dauernd betriebenen Ziegeleien eingeführt. Die Frage, ob die aus der Handformung oder aus Maschinen hervorgegangenen Ziegel besser seien, ist auch heute noch nicht vollkommen zu entscheiden, denn auch hier spricht die spätere Verwendung der Steine ein gewichtiges Wort mit. Bei der Handarbeit ist eine Verbesserung des Rohmaterials durch Beseitigung von etwa in ihm noch vorhandenen Fremdkörpern leicht, desgleichen ein Nacharbeiten von Ecken und Kanten; auch sind die gewonnenen Steine gut porös (gesundheitlich wichtig!), zeigen geringeres Raumgewicht und verlangen zum Brennen im allgemeinen weniger Brennmaterial als Maschinensteine; diese sind jedoch fester, vollendeter in Form und Aussehen, meist auch widerstandsfähiger gegen atmosphärische Einflüsse und zeichnen sich durch geringeres Schwindmaß beim Trocknen und Brennen sowie durch die Möglichkeit sofortigen Transportes nach der Formung vorteilhaft aus. Der Vorwurf, daß Maschinenziegel bei ihrer Herstellung infolge der Reibung ihrer Außenfläche an den Wandungen der Mundstücke verschieden dicht werden und somit eine nicht gleichartige Struktur erhalten, kann heute im Hinblicke auf die gerade diesen Verhältnissen Rechnung tragende, verbesserte Konstruktion der Mundstücke nicht mehr aufrecht erhalten werden.

Das Handformen oder Streichen der Ziegel findet unter Verwendung hölzerner oder eiserner, mit seitlichen Handgriffen versehener Formrahmen ohne Boden statt, deren Abmessungen auf das spätere Schwinden des Steines Rücksicht zu nehmen haben. Die Größe des Schwindens ist durch Probetrocknen und Brennen im einzelnen Fall zu bestimmen. Im allgemeinen kann man rechnen, daß ein gewöhnlicher, normaler Ziegelton um etwa $^1/_{10}$—$^1/_7$ linear schwindet. Damit der Ton leicht aus dem Rahmen herausgeht, werden Holzrahmen mit feinem Sande bestreut, während bei Eisenrahmen ein Nässen dem gleichen Zwecke dient.

Das Streichen der Steine findet auf einem glatten, hölzernen Streichtisch von etwa 3,0 m Länge und 1,8—2,0 m Breite statt, indem der Ton unter festem Anpressen der Ecken und Seiten in den auf dem Tisch liegenden Rahmen gedrückt und nur oberflächlich mit dem linealartigen Streichbrette „abgezogen" wird[1]). Hierbei ist sowohl auf eine genau gerade Form des letzteren, wie auf eine ebene Oberfläche des Rahmens zu achten; zur Erhaltung der letzteren dient bei Holzrahmen ein Eisenbeschlag. Schließlich wird der Stein aus der Form auf ein Brettchen gestülpt und mit ihm nach dem Trockenschuppen geführt, oder unmittelbar auf dem mit Sand bestreuten Erdboden so lange gelagert, bis er so weit gefestigt ist, um einen Transport nach den Trockenräumen und eine Aufstapelung dort zu vertragen. Bei Profilformsteinen finden vielfach eiserne

[1]) Der abgestrichene Ton darf, wenn das Anhaften an der Form durch Sand verhindert wird, nicht unmittelbar weiter zur Formung verwendet werden, weil sonst das Rohmaterial allmählig zu sandig werden würde. Es ist notwendig diesen Ton nochmals zu sumpfen.

an ihrer Innenfläche leicht geölte Rahmen zum Streichen der Steine Anwendung und zwar in Form mehrteiliger, auseinandernehmbarer Kästen.

Auch finden, z. B. bei Herstellung feuerfester Steine, eiserne, durch eine mittlere Blechwand getrennte Doppelformen zur Beschleunigung der Streicharbeit Anwendung.

Von Dachziegeln werden heut fast nur noch die einfacheren Formen, wie Bieberschwänze, Hohlziegel, Pfannen usw., und zwar aus ziemlich steifer Tonmasse gestrichen. Während bei den Flachziegeln (Bieberschwänzen) ein flaches, einseitig zur Ausbildung der „Nase" ausgeschnittenes Brett und ein der Ziegelform entsprechender, aufgesetzter (auch scharnierartig angeschlossener) Formrahmen Verwendung finden, werden bei den Falzziegeln, Pfannen usf. zunächst ebene Platten in den betreffenen Formgrößen und Stärken geschnitten und diese alsdann auf einer Formbank unter Benutzung hölzerner Profile in die richtige Form gebracht. Ein guter Ziegelstreicher kann in zehnstündiger Arbeit unter günstigen Verhältnissen bis zu etwa 3000 Normalsteine streichen.

Um handgestrichenen Steinen eine vollkommen genaue Form zu geben, können sie „nachgeschnitten" oder „nachgepreßt" werden. Das Beschneiden der Steine findet erst statt, nachdem sie bis zur „Lederhärte" getrocknet sind; hierbei werden die Steine in besondere Formrahmen gebracht, in ihnen vermittelst Keilen oder dergl. festgelegt und nach Schablonen mit scharfem Messer beschnitten und schließlich an der Schnittfläche, wenn notwendig, noch besonders geglättet. Namentlich werden auf diese Weise nachgearbeitet die Steine für Gewölbe, Brunnen, Gesimse usw.; es liegt auf der Hand, daß beim ersten Streichen der Steine durch Vergrößerung ihrer Abmessungen von vornherein auf das spätere Beschneiden Rücksicht genommen werden muß.

Für das Nachpressen kommen vorwiegend bessere Steine (Verblender), Fußplatten, Chamotte-, Pflaster-, Dachsteine, Wandverkleidungen usf. in Frage, d. h. solche Erzeugnisse, bei denen ein besonderer Wert auf gleichartige Form, scharfe Kanten, gute Eckausbildung gelegt wird; auch hier ist ein dem Pressen vorangehendes Trocknen bis zur Lederhärte erforderlich.

Durch die sowohl von Hand- als auch durch Maschinenkraft betriebenen Pressen erhält der gestrichene Stein ein mehr faseriges Gefüge, wird dichter, schwerer und haltbarer.

Der Antrieb der Handpresse kann erfolgen mit Exzentern, langen Hebeln, Kniehebeln, Schrauben oder durch Wasserdruck. Die beim Pressen verwendeten Einlageplatten sind in der Regel glatt, können aber auch unten oder unten und oben unter Umständen mit Mustern, Profilen, Vertiefungen (Firmenbezeichnungen usw.) versehen sein; um ein Anhaften der Steine zu verhindern, werden diese Platten mit Fuselöl, oder einer Mischung von Stein- und Rüböl bestrichen.

Neben von Hand geformten Steinen werden auch solche aus Strangpressen nachgepreßt; hierbei ist dem Mundstück naturgemäß diejenige Form und Größe zu geben, welche die ersten Formen (unter Umständen einfache Kuchen und Blätter) haben müssen, um später auf der Nachpresse Formsteine, Falzziegel, feuerfeste Steine, Pflastermaterialien usw. zu erzielen.

Gepresste Gegenstände müssen bereits in ungebranntem Zustande eine derartige Güte und Geschlossenheit der Oberfläche, daneben im Bruche eine derartige Struktur aufweisen, daß nur noch das Brennen notwendig ist, um die Umwandlung der dichten Masse in ein gleichmäßig gesintertes Produkt zu vollziehen. Über die konstruktive Anordnung der Nachpressen geben die nachfolgenden Mitteilungen und Abbildungen Auskunft[1]).

[1]) Entnommen dem Sonderkatolog „200" der Zeitzer Eisengießerei- und Maschinenbau-A.-G., Abt. Köln-Ehrenfeld (vorm. Louis Jäger).

Die in Abb. 65 dargestellte Handnachpresse arbeitet mit Schraubendruck. Die Presse ist mit Stahlspindel versehen, an welcher 2 verschiedene, dreigängige Gewinde sich befinden, und zwar in der oberen Hälfte ein rechtes, in der unteren ein linkes. Die Rotgußmutter des oberen Gewindes sitzt fest in dem gußeisernen Lagerstuhl, die der unteren ist in einem gußeisernen prismatischen Körper, dem „Kolben" festgelegt. Hierdurch ist letzterem nur eine Längs-, aber keine Drehbewegung gestattet. Durch die Art der Schrauben und ihrer Führung ist eine rasche Abwärtsbewegung (bei einer vollen Umdrehung 133 mm) gesichert und hierdurch der Vorteil erreicht, daß das Eigengewicht und die lebendige Kraft aller bewegten Teile zu besonders guter Wirkung kommen, abgesehen von der Zeitersparnis, die natürlich in der gleicher Weise bei der Aufwärtsbewegung der Schraube ins Gewicht fällt. Hierdurch ist bedingt, daß mit der dargestellten Presse bei etwa 3 Mann Bedienung in einem Tage 3500—5000 Platten oder Steine bei einem Drucke von 35 000 kg nachgepresst werden können.

Abb. 65.

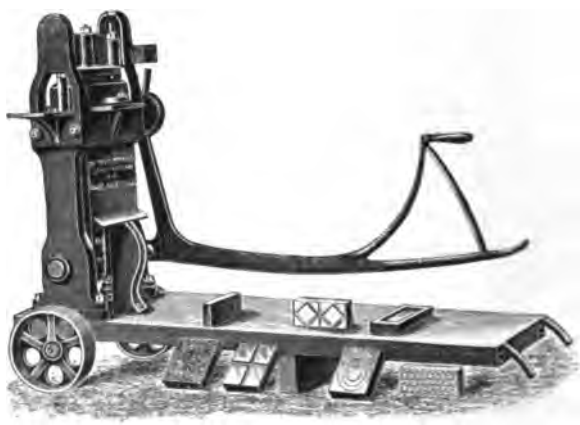


Abb. 66.

Die Presse ist mit einer Aushebevorrichtung ausgestattet und hebt beim Hochgang des Kolbens den gepressten Stein bis zur Oberkante der Form selbsttätig heraus, von wo ans er bequem fortgenommen werden kann.

Abb. 66 zeigt eine leicht transportable Nachpresse mit Hebeldruck und einer Tagesleistung von etwa 4000 Pressungen. Der Oberkopf, der die Oberform trägt, ist im Maschinengestell prismatisch geführt, sodaß eine genaue senkrechte Bewegung der Oberform gesichert ist.

Abb. 67.

Abb. 68.

Maschinell angetriebene Nachpressen zeigen die Abb. 67 u. 68. Die Friktionspresse für Riemenbetrieb in Abb. 67 eignet sich besonders, wenn ein kräftiger Pressedruck erfordert wird. Dieser wird hier durch eine steil geschnittene mehrgängige Schraubenspindel ausgeübt, welche ein schweres Friktionsrad trägt und von 2 kleinen Friktionsscheiben auf und ab bewegt wird. Da die Friktionsscheiben nach Erreichen des höchsten Druckes gleiten, wird ein übermäßiger Druck, der einen Bruch der Presse herbeiführen könnte, ausgeschlossen. Am unteren Preßspindelende ist der obere, in (durch Schrauben nachstellbaren) Gleitbahnen sicher geführte Preßkopf befestigt, während sich die Spindel in einer langen, kräftigen Mutter aus Phosphor-

-bronze bewegt. Ein Herausheben der fertigen Steine usw. wird durch die Aufwärtsbewegung der Preßspindel selbsttätig bewirkt. Leistung je nach der Übung des Arbeiters 4000—6000 Stück täglich.

Die Maschine kann auch zur Herstellung der verschiedensten Dachziegelarten, namentlich von Falzziegeln benutzt werden, naturgemäß unter Einschaltung entsprechender Formteile.

In Abb. 68 findet die Erzeugung des sehr hohen Druckes durch einen Exzenter statt, der von einem Riementrieb aus durch Zahnradübersetzung bewegt wird. Auch hier wird die fertige Ware selbsttätig herausgehoben, und zwar unter gleichzeitigem, automatischem Aussetzen der Maschine, sodaß jede Gefahr für die Arbeiter vermieden wird.

Zum Betriebe reicht 1 HP aus; die Leistung beträgt bei 2 Arbeitern, von denen der eine die rohen Platten auflegt, der andere die gepreßten fortnimmt, 4000—5000 Platten oder Steine täglich.

Bei dem Formen der Steine mit Hilfe von **Maschinen** finden je nach der größeren oder geringeren Weichheit und Plastizität, d. h. bei einem höheren Gehalt an Wasser bzw. bei nur wenig feuchtem oder lufttrockenem Ton Verwendung:

a) Strang- (oder Naß)-Pressen, schlechtweg auch einfach Ziegelmaschinen genannt und

b) Stempelpressen, auch als Halbtrocken- oder Trockenpressen bezeichnet.

a) Die Strangpressen zeigen in der Regel einen liegenden in seinem vorderen Teile oft in einen Konus übergehenden Zylinder, den „Rumpf", zwei Speisewalzen, die Preßschnecke oder eine ähnliche, zur Tonknetung und Fortschiebung im Rumpfe dienende Einrichtung und das Mundstück; letzteres verläßt der Ton als durchlaufender „Strang", daher der Name der Maschinen, um durch besondere, sich mit der Geschwindigkeit des Stranges bewegende Schneideapparate in einzelne Steine zerschnitten zu werden.

Die Abb. 69—73 veranschaulicht eine Anzahl, in ihren Einzelheiten und namentlich in der Zuführung und letzten Vorbereitung des Tons voneinander abweichende Maschinen.

Abb. 69 zeigt eine Ziegelmaschine[1]) einfachster Bauart mit Riemenantrieb. Der wichtigste Teil ist die Preßschnecke, da von ihrem mehr oder weniger guten Arbeiten

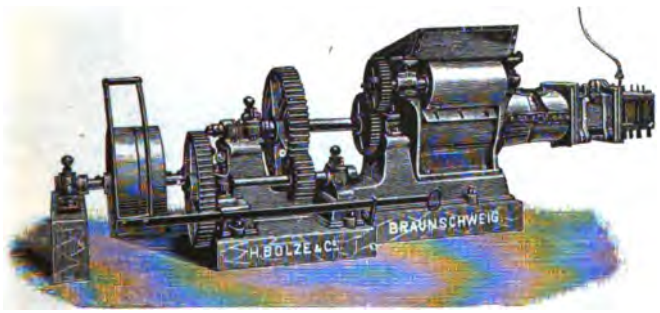


Abb. 69.

Abb. 70.

die Qualität des Fabrikates erheblich abhängt und zudem auch nach ihrer Form sich der Kraftbedarf der Maschine richtet.

Als in dieser Beziehung besonders günstig wirkend wird die Griesemannsche Stufenpresse[2]), Abb. 70, bezeichnet, die eine Mehrleistung von 40% bei gleichem Kraftverbrauche gegenüber glattwandigen Pressen zusichert.

Bei der in Abb. 69 dargestellten Maschine ist die Schnecke überall zugänglich. Die ganze Maschine ruht hier auf einer durchgehenden, eisernen Sohlenplatte, wodurch die Aufstellung erleichtert und eine gleichmäßigere Beanspruchung des Fundamentes gegeben erscheint. Die Maschine wird in

[1]) Hergestellt von H. Bolze u. Co., Braunschweig.

[2]) Griesemann u. Co., Maschinenfabrik und Dampfziegelei Magdeburg-Neustadt.

11 Ausführungen geliefert mit Zylinderdurchmessern von 200—800 mm, stündlicher Leistung von 350 bis 4000 Steinen und 1 bis 20 HP Antriebskraft. Eine Abart zeigt Abb. 71 (ebenfalls von Bolze-Braunschweig) mit 2, ein Walzwerk bildenden Speisewalzen und einheitlichem Antriebe durch eine Riemenscheibe. Die Walzen werden hierbei nicht von der langsam gehenden Schneckenwelle, sondern von der Riemenscheibenwelle angetrieben; den „zylindrischen" Walzen fällt hier nicht die Aufgabe zu, schwere bezw. unreine Erde zu zerkleinern, sondern sie dienen nur als dauernde Nachhilfe beim Einführen und Weiterleiten des zu verarbeitenden Materials in die darunter liegende Schnecke. Die Form in Abb. 71 ist namentlich für bessere Fabrikate: Falzziegel, Drainrohre, Verblendsteine usw. geeignet.

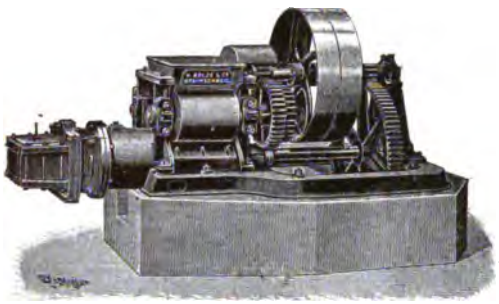


Abb. 71.

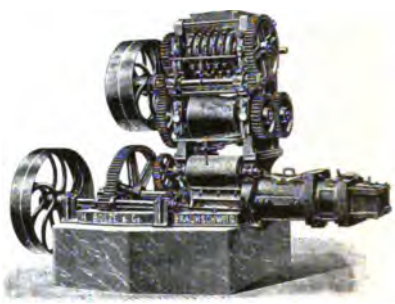


Abb. 72.

Naturgemäß können auch die Ziegelmaschinen mit den verschiedensten, früher erwähnten Vorbrechwerken ausgestattet werden, was sich namentlich alsdann empfiehlt, wenn wegen vorhandener Mergel- und Kalkstückchen das Material besonders fein gewalzt werden muß.

Bei der Ziegelmaschine, in Abb. 72 durch 2 Riemenscheiben angetrieben, ist z. B. oberhalb der sonst normalen Maschine mit einfachem Vorgelege ein Vorbrechwerk und ein Feinwalzwerk aufmontiert. (Bauart Bolze-Braunschweig.)

Abb. 73.

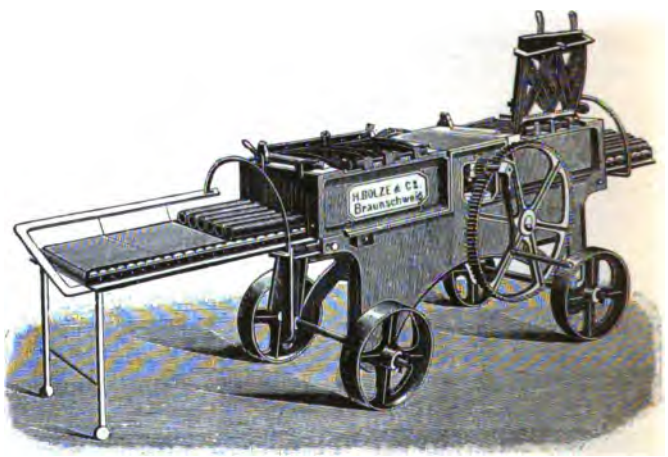


Abb. 74.

Seltener finden sich Ziegelmaschinen mit stehendem Rumpfe (Tonschneider). — Abb. 73 (Bauart Zeitzer Maschinenbau A.G. Köln-Ehrenfeld).

Die hier dargestellte Anordnung, für Tierbetrieb eingerichtet, ist für leichtes, reines und mildes Material geeignet; sie mischt den gut gesumpften und gleichmäßig feuchten Ton und führt ihn dem Mundstück zu. Leistung bei Antrieb durch 1 Pferd täglich 3500—4500 Steine.

Eine z. Zt. von den liegenden Schneckenpressen verdrängte Art von Strangmaschinen stellen, abgesehen von den nachstehend ausführlich behandelten Muffenrohrpressen, die Walzenpressen dar, bei denen der Ton durch ein Walzenpaar dem Mundstück zugeführt wird.

Sie eignen sich für manchen mageren Ton, der trocken verarbeitet werden kann, ganz gut, um so mehr als die Betriebskraft eine sehr geringe ist; derartige Maschinen können auch mit stehenden, vor den Walzen eingeschalteten Tonscheidern vereinigt werden.

Zu den Strangpressen gehören auch in gewissem Sinne die „Kasten-“ und Muffenrohrpressen.

Eine Kastenpresse und zwar für Handbetrieb und mit doppelter Wirkung (2 Kasten — Bauart Bolze-Braunschweig) zeigt Abb. 74. Des leichteren Transportes halber ist die Maschine auf einem Wagenunterbau montiert. In dem Kasten befinden sich 2, durch eine Doppelzahnstange verbundene, gut schließende Kolben, von denen der eine beim Drehen der Handkurbel den im Kasten befindlichen Ton herauspreßt, während der zweite Kolben gleichzeitig zurückgeht und die Füllung des hierdurch freiwerdenden Raumes mit Ton gestattet, der dann nach Rückwärtsbewegung des ersten Kolbens aus dem zweiten Mundstücke entweicht. Hierdurch wird die Leistung der Presse eine ziemlich große, sie liefert täglich 1800—2400 Voll- und Hohlsteine und bis zu 4500 Drainrohre von 40 mm Lichtweite.

In Abb. 75 ist (Bauart Zeitzer Maschinenfabrik zu Köln-Ehrenfeld), eine Walzenpresse für Muffenrohre dargestellt, und zwar für solche bis zu 800 mm Lichtweite.

Das Rohr tritt hier in senkrechter Stellung aus dem Mundstücke aus; es wird durch einen äußerst kräftigen Druck herausgepreßt, welchen ein durch Vorgelege angetriebenes Walzenpaar über einem geschlossenen Kasten ausübt. Unter dem Mundstück gleitet der Tisch, auf welchen das Rohr zum Aufsitzen gelangt, auf und nieder und zwar in genauen Führungen und durch Gegengewichte ausgeglichen. Soll das Pressen beginnen, so wird der Tisch unter die Form gerückt und in dieser Stellung durch einen Hebel festgehalten, der nach Auspressung der Muffe gelöst wird. Nunmehr kann das Rohr mit der Muffe heraustreten, während der Tisch mit dem Rohr nach unten gleitet, bis letzteres die geforderte Länge erhalten hat; alsdann wird der Tisch wieder festgestellt und das Rohr abgeschnitten.

Es ist darauf zu achten, daß bei der Bewegung des Tisches stets vollkommenes Gleichgewicht herrscht, damit nicht durch Vergrösserung der Geschwindigkeit des abwärts gehenden Tisches infolge des nicht unerheblichen Rohrgewichtes dessen Wandungen im Verlaufe der Pressung immer weniger dicht werden.

Abb. 75.

Die hier verwendeten Mundstücke haben besondere Vorrichtungen zum Anpressen der Muffe.

Als weniger gut — gegenüber den Walzenpressen — für den vorliegenden Zweck (Muffenrohre) werden die Kolbenpressen bezeichnet, da sich bei ihnen kaum das Eindringen von Luft in den Ton verhindern läßt und somit die Qualität der Rohre ungünstig beeinflußt wird.

An die Erzeugung der Muffenrohre schließt sich auch ein Verfahren zur Herstellung aller Arten von Strangdachziegeln an[1]), darauf beruhend, daß die aus dem Mundstück austretenden Dachziegel vermittelst der stehenden Röhrenpresse zu vier Stück auf einmal in Gestalt eines viereckigen Rohres hergestellt werden, dessen Seiten also aus je einem Dachziegel bestehen. Durch eine besondere Einrichtung am Mundstücke werden die Dachziegel an den Verbindungsstellen so tief eingeritzt, daß sie sich nach erfolgtem, hier wegen der günstigen Stellung der Steine rasch verlaufendem Trocknen, leicht und sauber voneinander trennen lassen.

[1]) Ausgearbeitet von W. Wicherski und M. Robinski in Krotoschin. Bei dem Verfahren ist auch wegen gegenseitigen Festhaltens ein Krummwerden der Ziegel ausgeschlossen.

Schließlich verdient auch das Patent Diesner Erwähnung, bei dem auf der Muffenrohrpresse Biberschwänze und ähnliche Steine paketartig erzeugt werden.

Die Mundstücke der Strangpressen und der ihnen verwandten Maschinen bewirken die Formung des Stranges, d. h. dessen Querschnitt. Je nach der Beschaffenheit des Mundstückes können Voll- und Hohlsteine, Formsteine jeder Art, Strangfalzziegel, Rohre (ohne Muffen, Drainrohre), Fußbodenplatten, Platten für Falzziegelpressen usf. erzeugt werden.

Sowohl um dem Tonstrang den Durchgang durch das Mundstück zu erleichtern, und dadurch an Betriebskraft zu sparen, als auch um tadellose saubere Flächen und Kanten, sowie gleichmäßig dichte Körper zu erzielen, ist es erforderlich, daß zur Verminderung der Reibung der Strang im Mundstück mit Wasser benetzt wird. Dies wird dadurch erreicht, daß man das Mundstück schuppenartig im Innern mit Blech ausschlägt, in dessen Zwischenräume durch kleine Kanäle stets Wasser geleitet wird, dieses tritt zwischen den Schuppen aus und befeuchtet somit den Strang allseitig und gleich stark.

Abb. 76.

Abb. 77.

Es liegt auf der Hand, daß die Schuppen sich bald abnützen und erneuert werden müssen, wodurch wieder bedingt ist, daß sie zweckmäßig einen zusammenhängenden, leicht herausnehmbaren Konstruktionsteil bilden. In den Abb. 76—79 sind dargestellt:

ein zerlegbares Mundstück für Vollsteine — Abb. 76,

ein Mundstück für Hohlsteine (Läufer) Abb. 77; hier werden, wie auch bei den folgenden Abbildungen, die Hohlräume im Querschnitte des Tonstranges durch in das Mundstück eingefügte „Dornen“ erzielt.

Abb. 78.

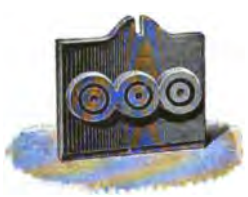


Abb. 79.

ein Mundstück für 2 Halb-Steine — Abb. 78,

ein Mundstück für Drainrohre — Abb. 79.

Einen weiteren integrierenden Bestandteil der Strangpressen bilden die Abschneideapparate, welche den durchgehenden Tonstrang in einzelne Steine zerteilen. — Diese Apparate werden entweder für ganz bestimmte Fabrikate gebaut, wie z. B. für Drainrohre, Biberschwänze usw., als auch für alle möglichen Vorrichtungen und Erzeugnisse hergestellt. Der Apparat besteht im allgemeinen — vgl. die Abb. 80a b, 81 und 82, — aus einem festen Untergestelle und einem auf ihm laufenden Wagen; dieser wird selbsttätig durch den Tonstrang vorwärts geschoben und erlangt somit die gleiche Geschwindigkeit wie letzterer, so daß die an dem Wagen angebrachten Schneidedrähte — bei Umlegung eines, ihrem Anschlusse dienenden Hebels, in genau ebenen Flächen schneiden.

Der aus dem Mundstücke der Ziegelmaschine austretende Ton läuft zunächst auf die Rolle des Abschneideapparates, drückt gegen die am Ende des Wagens angebrachte

Klappe (oder dergl.) und treibt hierdurch den Wagen, Abb. 80a [1]). Sobald die Drähte den Strang durchschnitten haben, fällt die Klappe selbsttätig um, um ein Abnehmen der abgeschnittenen Steine bequem zu ermöglichen [2]).

Bei stark klebendem Tone empfiehlt es sich, den sonst mit Filzrollen ausgestatteten Apparat mit Gipsrollen, besonders imprägniertem Filz, oder mit bewässerten Blechen auszustatten.

Abb. 80a.

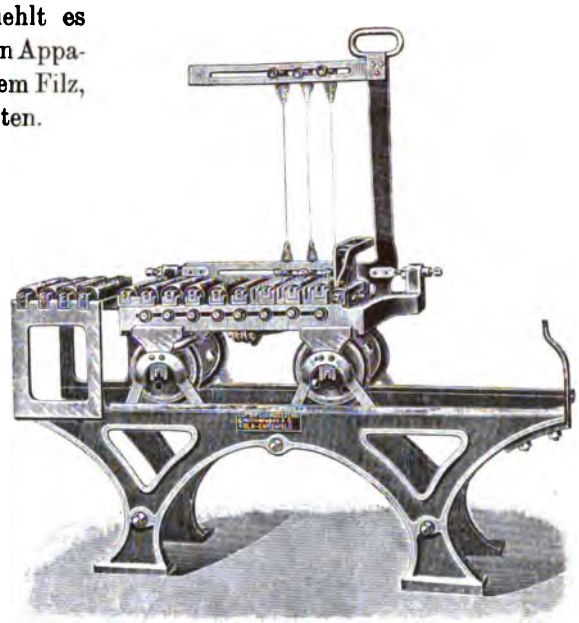


Abb. 80b.

Eine sehr gleichmäßige Ausbildung der Schnittflächen, wie sie namentlich bei Verblendsteinen zu finden ist, erreicht der Schneideapparat mit „Gegendruckschienen“ (Abb. 80b Bauart der Zeitzer Maschinenbau-A.-G. Köln-Ehrenfeld) [3]). Hier befinden sich zwischen den Rollen kleine, saubere Schienen, zwischen denen ein nur so schmaler Zwischenraum verbleibt, daß gerade der Abschneidedraht hindurch kann. Damit diese Schienen das Gleiten des Tonstranges über die Rollen des Abschneidewagens nicht verhindern, sind dieselben mit dem Abschneidebügel derart verbunden, daß sie sich erst beim Durchschneiden

Abb. 81.

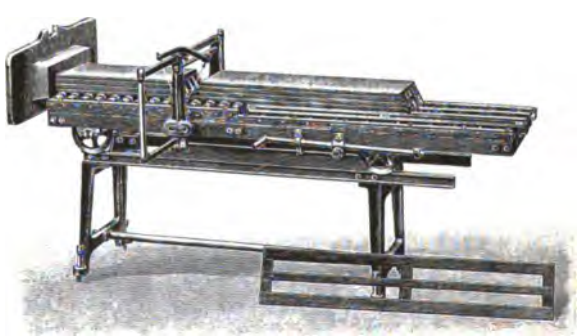


Abb. 82.

[1]) Ausführung von H. Bolze u. Co., Braunschweig.

[2]) Manchmal ist auch der vordere Teil des Wagens als Kipptisch ausgebildet, um ein Abgleiten der geschnittenen Steine nach den Transportvorrichtungen zu ermöglichen.

[3]) Vergl. die in der Nähe der Schneidedrähte deutlich in die Erscheinung tretenden Gegendruckschienen; der dargestellte Apparat schneidet zu gleicher Zeit 3 Steine ab.

des Tonstranges heben, hierbei von unten gegen den Tonstrang drücken und somit ein infolge mangelnden Gegendruckes namentlich bei wenig plastischem Material nur zu oft eintretendes Ausbrechen von Kanten verhindern.

Auch läßt sich die Schnittbewegung (Bauart Zeitzer Maschinenbau-A.-G. zu Köln-Ehrenfeld, Abb. 81) dadurch verbessern, daß beim Niedersenken des Schneidebügels dieser durch eine seitlich angebrachte Rolle zwangläufig in der Art geführt wird, daß der Bügel sich sowohl von oben nach unten als auch von vorn nach hinten bewegt, also eine richtig durchschneidende Wirkung ausübt.

Auf die besonderen Abschneideapparate für bestimmte Zwecke einzugehen, würde hier zu weit führen; es sei nur erwähnt, daß sie den verschiedensten Anforderungen Genüge tun; so sind z. B. die Universal-Apparate für Biberschwänze, flache Dach- und Strangziegel so einzurichten, daß sie sowohl jede beliebige Länge und Form des Ziegels (Rund-, Spitz-, Segment- gothischer Schnitt usw.) als auch die Nasen schneiden; auch können — wie dies z. B. bei den Hourdis notwendig, schräge Schnitte ausgeführt werden — Abb. 82, (Bauart H. Bolze u. Co. Braunschweig). Ein geübter Arbeiter kann bei gutem Arbeitsmaterial täglich etwa 3—4000 Steine abschneiden.

b) Die Halbtrocken- und Trockenpressen finden zur Steinformung bei besonderen Tonen[1]) vorwiegend aber bei besonderen Steinen — namentlich Falzziegeln — Anwendung, die wegen veränderlicher Querschnittsausgestaltung nicht auf Strangpressen hergestellt werden können. Nach Versuchen von Liedtke[2]) eignet sich für Trockenpressen ein Ton, der bei gleichmäßiger feiner Körnung gegenüber der Lufttrockenheit etwa 4—6 v. H. Wasser besitzt. Diesem geringen Wassergehalte entsprechend ist auch das Schwindmaß sehr gering, desgleichen die Zeit des Austrocknens, so daß hier Trockenanlagen in weit beschränkterem Maße notwendig werden, als bei nasser Formung der Steine; auch ist wegen der Dichte ($\gamma = 2{,}3$ gegen 1,87—2,0 bei Strangpresse-Steinen) und der größeren Festigkeit der frisch gepreßten Steine die Gefahr des Zerbrechens oder erheblicher Formänderung eine sehr geringe.

Damit die im Ton enthaltene Luft zu entweichen vermag und nicht in Form kleiner, feinster Rißbildung im Stein sich äußert, sind entweder die Steine mehrmals zu pressen oder von der Preßform aus feine Luftkanälchen nach außen zu leiten.

Während in Amerika und England das Pressen des Tons in trockenem Zustande weit verbreitet ist, wird bei uns das Naßverfahren, auf das die meisten Ziegeleien eingerichtet sind und für das sich auch unsere Tone durchaus eignen, trotz mancher Vorzüge der Trockenverarbeitung — namentlich solcher wirtschaftlicher Art — noch immer bevorzugt, abgesehen von der Dachziegelfabrikation.

Zur Herstellung der Falzziegel und verwandter Erzeugnisse werden zunächst Tonkuchen in Strangpressen — seltener durch Handstreicherei — hergestellt, bei denen auf ausreichende Abmessungen zu achten ist, damit der Stein in einer Pressung voll ausgeformt werde. Das Pressen selbst erfolgt mit Verwendung von Eisen- bzw. Gipsformen. Da in ersteren der Ton verhältnismäßig leicht haftet, ist ein Ölen notwendig, das jedoch das Aussehen des Steins, auch seine Festigkeit und Wetterbeständigkeit — wie die Erfahrung erwiesen — ungünstig beeinflußt und nur bei sehr fetten und besonders steifen Tonkuchen mit ganz glatten Flächen angewendet werden sollte. Die Gipsformen werden besser gegossen als gepreßt[3]), da bei letzterem Verfahren leicht Luftblasen ins Innere der Form gelangen.

[1]) Hier kommen in Frage Tone, die entweder sehr großer Vorbereitung bedürfen, sich schlecht wässern oder nicht mit Draht schneiden lassen.

[2]) Vergl. u. a. Notizblatt der Ziegler- und Kalkbrenner-Vereine 1901.

[3]) Das Gießen findet entweder über eine sogen. Matrize, genau der Ziegelform entsprechend, statt oder über Mutterformen; letzteres ist bei größerer Fabrikation vorzuziehen, da gleichzeitig Ober- und Unterform hergestellt werden können.

Zu achten ist auf die Ausübung eines ruhigen, sich allmählich verstärkenden Druckes der Maschine, wie ihn Exzenter, Kurbelwelle usw. bewirken. Bei einem schlagartigen Pressen leiden einerseits die Gipsformen, andererseits lassen sich viele Tone hierbei gar nicht zu einem Falzziegel auspressen. Gut ist es, wenn die Maschine nach vollendeter Pressung eine ganz kurze Zeit zum Stillstand kommt, damit die letzte Spur überflüssigen Tons langsam entweichen kann. In der Regel liegt die Unterform fest, während die Oberform auf und ab geht.

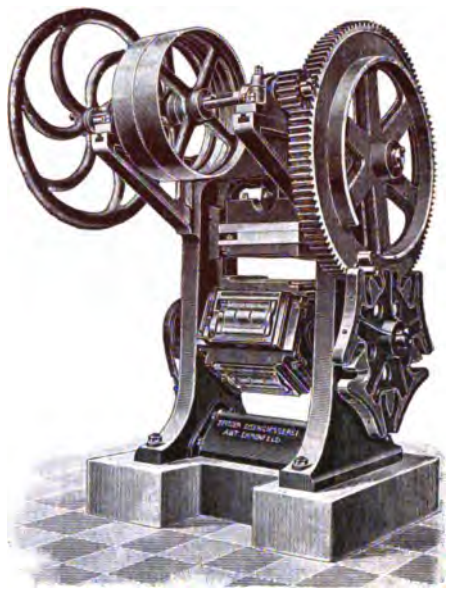


Abb. 83.

Als Maschinen für die Preßarbeit kommen in Frage:

α) Revolver-Falzziegelpressen — Abb. 83 [1]) — für größere Arbeitsleistung. Die Presse besitzt 5 sich drehende, an einer gemeinsamen Achse angeschlossene Formen und liefert täglich bei Bedienung nur durch 2 Arbeiter bis zu 5000 Ziegel.

Während ein Mann immer ein Tonblatt auf die freiwerdende Form des fünfeckigen Prismas auflegt, nimmt der auf der andern Seite stehende zweite den inzwischen fertig gepreßten, von der Form abfallenden Ziegel, überdeckt ihn mit einem Trockenrähmchen und gibt ihn zum Nachputzen weiter. Die Maschine arbeitet vollkommen selbsttätig und führt in der Minute etwa 8 Pressungen aus.

Die Presse gestattet auch die Herstellung von Firstziegeln.

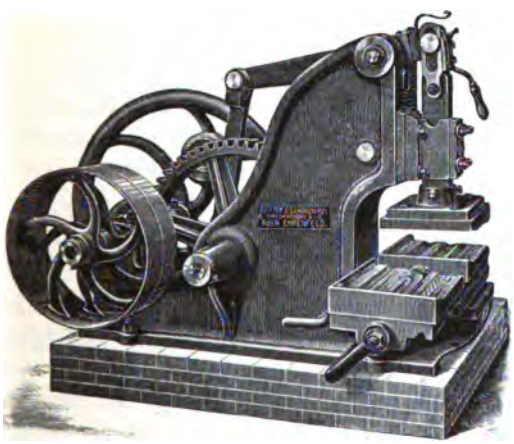


Abb. 84a.

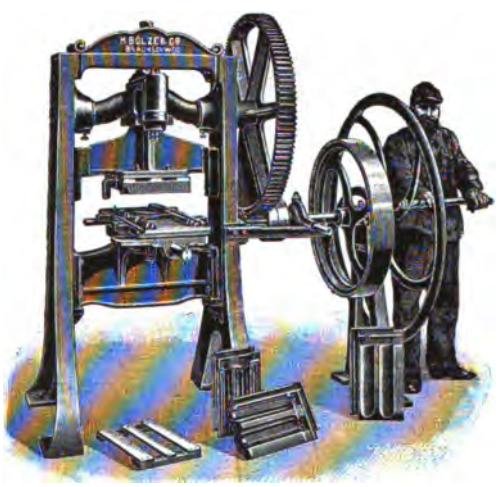


Abb. 84b.

β) Falzziegelpresse mit Riemen- (oder Hand-)Antrieb und einfacher Form — Abb. 84a [1]) oder Doppelschlitten zum dauernden Betrieb.

Die Presse übt einen langsam sich steigernden, zum Schlusse sehr kräftigen Druck aus, wie es für tadellose Falzziegel gleicher Dicke notwendig ist. Die Maschine arbeitet stets, infolge des exzen-

[1]) Bauart Zeitzer Maschinenbau-A.-G. in Köln-Ehrenfeld.

trischen Anschlusses des Preßkolbens in einer Richtung fort, so daß Arbeitspausen fortfallen. Die tägliche Leistung beträgt etwa 3500 Falzziegel.

Ähnlich wirkt die in Abb. 84b dargestellte Presse Bolzescher Bauart, eingerichtet für Hand- oder Dampfbetrieb.

γ) Falzziegelpresse für Handbetrieb — Abb. 85.

Hier wird der Druck mittelst Stirnradübersetzung und stählerner Kurbelwelle ausgeübt. Der Hub wird durch die auf der Kurbelführung angebrachte Stellschraube und durch Einlageplatten nach Bedarf reguliert. Der Preßkolben ist mit der unter ihm befindlichen Oberform zweiseitig geführt, so daß die Formplatte sich vollkommen gleichmäßig auf- und niederbewegt. Auch hier hat die Presse, wie in Abb. 84a, einen Doppelschlitten, auf dem die Unterform befestigt ist, so daß, während man einen Ziegel preßt, der vorher geformte abgenommen und durch ein neues Tonblatt ersetzt werden kann. Leistung etwa 100—120 Falzziegeln in einer Stunde.

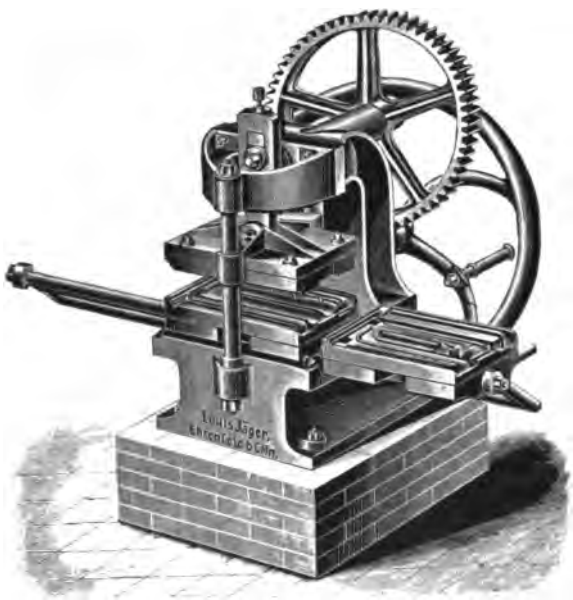


Abb. 85.

Auch können den in Abb. 65—68 dargestellten Nachpressen (namentlich Schrauben- und Hebelpressen) entsprechende Pressen hier Verwendung finden.

δ) Hydraulische Pressen — vgl. die Abb. 4 und 5 auf Seite 149 und 150 — bei Herstellung der Kalksandsteine. Ähnliche Pressen, namentlich solche mit rotierendem Tische finden auch bei der Ziegelerzeugung — vorwiegend zur Herstellung von Fußplatten und Pflasterklinkern — Verwendung.

Bemerkenswert ist hier u. a. die v. Mitzlaffsche Presse mit sich drehendem, 6 Formen aufweisendem Preßtische; hier wird jeder Stein zweimal gepreßt, erst leicht zur Entlüftung, dann kräftig. Von den 6 Formkästen befinden sich stets 2 unter der Presse, während 2 andere mit Rohmaterial gefüllt und aus den letzten beiden die fertig gepreßten Steine selbsttätig ausgestoßen werden.

Sollen Wand- und Fußplatten in Form von Mosaikplatten gepreßt werden, so wird eine Blechschablone, deren einzelne Fächer dem gewünschten Muster entsprechen, auf den Schlitten bzw. die Unterform aufgelegt und in etwa 3 mm Höhe mit dem betreffenden bunten Tonpulver angefüllt, das namentlich fest gegen die Trennungswände gedrückt wird. Nach Fortnahme der Schablone wird einfarbiger Ton aufgebracht und durch eine allmählich an Druck zunehmende Pressung mit dem bunten Tone vereinigt. Auch hier ist wegen guter Entlüftung ein mehrmaliges Pressen empfehlenswert.

§ 52. Transportgeräte und Vorrichtungen bei der Ziegelherstellung.

Zur Herabminderung der Transportkosten finden auf Ziegeleien vielfach schmalspurige Bahnen (von 50 cm Spurweite) Anwendung, deren Schienen fest — in der Regel auf Holzschwellen — verlegt werden, oder sich als transportable Gleise zeigen, bestehend aus zwei Schienen von meist 5,0 m Länge, durch eiserne Querverbindungen in der normalen Entfernung erhalten und an den Enden ineinander zu schieben; auf diesen Schienen bewegen sich sowohl die den Ton von den Gruben nach der Aufbereitungstelle führenden Transportwagen (für Wippenentleerung, d. h. Kippen des ganzen Wagens, oder als Seitenkipper gebaut) als auch die verschiedensten Etagen-Wagen, welche die geformten Steine in die Trockenschuppen, und von hier die getrockneten Erzeugnisse nach den Brennöfen führen und meist mit herausnehmbaren Brettern zum Aufstapeln der Steine oder abnehmbaren, tragbaren Kästen ausgestattet sind.

In Verbindung mit der Gleisförderung der Rohmaterialien kommen vielfach auch Kettenförderung und Drahtseil-Aufzüge in Anwendung; hier werden auf wagerechter oder schiefer Ebene die Wagen mit Seil oder Kette ohne Ende vorwärts und hoch gezogen. Der Kettenbetrieb besteht aus der endlosen Kette, welche sich um zwei wagerechte oder geneigte Scheiben bewegt, die so hoch anzubringen sind, daß ein Mann bequem darunter hinweggehen kann. Der fortzubewegende Wagen wird unter die Kette geschoben, die in eine besondere Klemmvorrichtung des Wagens hineinfällt, hier festgehalten wird und somit den Wagen fortführt. Die Antriebskraft der Kettenscheiben braucht bei schiefer Ebene keine große zu sein, da naturgemäß die lebendige Kraft der herabrollenden leeren Wagen für das Heraufziehen der vollen benutzt wird. In gleicher Weise ist auch die Seilförderung einzurichten, wenn man hier eine zweigleisige Anlage ausführt[1]). Im allgemeinen ist die Kettenförderung bei geringer Steigung, die Drahtseilanlage bei großer Hebung und schweren Wagen am Platze.

Ferner werden für den Tontransport Gurt- und Kettenelevatoren verwendet. Bei nicht allzu großen Hubhöhen und für nicht zu fette Tone eignet sich der mit einem endlosen, imprägnierten, Mitnehmerklötze zeigenden Hanfgurt ausgerüstete Gurtelevator besonders, da er ein sehr bequemes und billiges Beförderungsmittel darstellt, allerdings an dem Nachteil leidet, daß der Ton seitlich zum Abrollen gelangen kann. Dies kann durch Kettenelevatoren vermieden werden, deren einzelne Glieder z. B. derart mit Tuch bespannt sind, daß dieses Taschen bildet, welche den Ton festhalten.

In gewissen Abständen erhalten die über je zwei Führungsrollen geleiteten Gurte oder Ketten Unterstützungen durch leicht bewegliche Rollen. Die ebenen Kettenscheiben werden durch Vermittelung eines Vorgeleges in Antrieb versetzt.

Die Tonelevatoren finden vorwiegend Verwendung, um ein vorgearbeitetes Material auf kurze Strecken in schräger Richtung aufwärts nach stehenden Tonschneidern, oder zwischen die Walzen einer Ziegelmaschine zu fördern.

Steinelevatoren — Abb. 86 — dienen zur Beförderung der frisch geformten Steine und anderer Erzeugnisse von der Presse aus den unteren in obere Stockwerke zum Trocknen usw., wie umgekehrt auch zum Herablassen der getrockneten Fabrikate vom hochgelegenen Trockenraum auf die Sohlenhöhe des Brennofens.

1) Es kommen — namentlich bei kleinen Ziegeleien — auch eingleisige Anlagen vor, wenn nur wenige Wagen (1—2) im Betriebe sind. Hier gehen naturgemäß die gefüllten Wagen langsam nach oben, während die leeren schnell zurücklaufen.

Der Elevator[1]) besteht aus zwei senkrecht übereinander liegenden Scheibenpaaren, um welche sich 2 endlose Ketten bewegen, die in bestimmter Entfernung (385 mm) durch Querbolzen leiterartig miteinander verbunden sind. An jedem zweiten dieser Bolzen hängen Förderschalen, welche so angeschlossen sind, daß sie stets in senkrechter Stellung verbleiben.

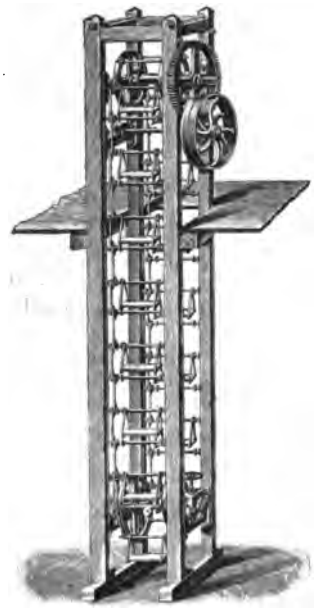


Abb. 86.

Um die Kette dauernd straff zu erhalten, erhält das untere Scheibenpaar verstellbare Lager. Die Betriebskraft beträgt etwa 1/2 HP.

Vertikal-Aufzüge zum Heben und Senken beladener Ziegel- oder Tonwagen werden zweckmäßig doppeltwirkend, d. h. für das gleichzeitige Hinauf- und Herabgehen von Lasten eingerichtet, haben also zwei Fahrstühle, in welche die Wagen hineingeschoben werden.

Zur Verbindung der beiden Fahrstühle dient ein Drahtseil oder eine Kette, die oben über eine Betriebsrolle geführt sind, die ihrerseits durch einen Schneckenantrieb oder dergl. in Bewegung gesetzt wird.

Naturgemäß ist für den Vorwärts- und Rückwärtsgang des Aufzuges ein abwechselnder Antrieb notwendig.

Bremsablässe oder Bremsfahrstühle — stets doppeltwirkend gebaut — dienen zum Herunterlassen von Steinen aus höheren Stockwerken in niedere und arbeiten ohne eine besondere Maschinenkraft, indem die beladenen Wagen infolge ihrer Schwere in dem einen Schacht nach unten gehen und hierbei im andern die leeren Wagen hinaufziehen. Die Bremsablässe bestehen aus dem Fördergerüste, dem Räderwerk und den genau senkrecht geführten Fahrstühlen.

Zum Festhalten der Wagen an bestimmten Stockwerken, sowie zur Regulierung der Geschwindigkeit ist eine kräftige, leicht bewegliche Bremse oder ein Seil-Regulierapparat zu empfehlen.

Von einzelnen Transportgeräten kommen schließlich in Frage einfache einräderige, zweckmäßig mit federnder Tragplatte ausgestattete Steinkarren (für etwa 30 Steine) und schmale, dreiräderige, mit einer vorderen Lenkrolle versehene, auf Bohlen laufende Etagenwagen.

§ 53. Das Trocknen der Ziegelwaren.

Das Trocknen der Ziegelwaren bezweckt, das in ihnen enthaltene Wasser soweit als erreichbar herauszutreiben, m. a. W. die Steine bis zur „Lufttrockne“ zu bringen. Naßgeformte Steine enthalten in Gewichtsteilen etwa 25 v. H. Wasser, von denen rd. 21 v. H. ausgeschieden werden können, während der Rest, 4 v. H., mechanisch und chemisch gebunden, erst durch größere Erhitzung sich beseitigen läßt.

Die Zeit, welche ein Stein bis zur Trocknung gebraucht, hängt ab von seinem Feuchtigkeitsgehalte, seinem Rohmaterial — namentlich dem Verhalten seiner Oberfläche, dem Verhältnisse von deren Größe zum Steininhalte, der zum Trocknen verwendeten Luftmenge und Temperatur und dem Wassergehalte. Der Trockenprozeß schreitet von

[1]) Bauart Zeitzer Maschinenbau-A.-G., Köln-Ehrenfeld.

außen nach innen vor, indem infolge der Kapillarkraft die Wasserteilchen aus dem Kerne des Steins allmählich nach dessen Oberfläche emporsteigen und hier zur Verdunstung gelangen. Äußerlich zeigt sich das Trocknen in einem Hellwerden der Steinfarbe; ist die Hellfärbung, wovon man sich durch Zerschlagen des einzelnen Steins überzeugt, auch vollkommen in das Innere gedrungen, so ist der Stein als lufttrocken anzusehen.

Das Trocknen der Steine muß durchaus allmählich und gleichmäßig vor sich gehen[1]). Eine einseitige Sonnenbestrahlung, allzu starker Luftzug von einer Seite her, ungenügender Zutritt der Luft an dieser oder jener Stelle, bedingen bei dickem Steine Risse und ungleichmäßiges Schwinden, bei dünnen Erzeugnissen ein Verziehen der Formen; ähnliches kann auch bei guter Trocknung, aber nicht gleichmäßig struierten und gleichartig dichten Steinen eintreten.

Wird die atmosphärische Luft unmittelbar und ausschließlich zum Trocknen herangezogen, so ist für eine mäßige Bewegung unter Ausschluß der Sonnenbestrahlung zu sorgen; ein allzu langsames Streichen der Luft über die Steine ist deshalb nicht günstig, weil hierbei die Luft sich allzu schnell mit Wasser sättigt und alsdann die folgenden Steine keine Feuchtigkeit mehr abzugeben vermögen. — Wird künstliche Erwärmung angewendet, so sind die frischen Steine nur mit mäßig warmer und wasserhaltiger Luft in Verbindung zu bringen, die erst allmählich mit fortschreitendem Austrocknen der Steine wärmer und trockener wird.

Ein vollständiges Austreiben der letzten Spuren von Wasser erfolgt entweder in besonderen Trockenkanälen oder dadurch, daß die in den Brennofen eingesetzten Steine zunächst einer mäßigen Hitze — dem Schmauchprozesse — unterworfen werden; hierzu sind bei magerem Tone immer noch 2—3, bei fettem 4—5 Tage notwendig.

Das Trocknen der Steine kann erfolgen:

a) unmittelbar auf der Erde,

b) in Trockengerüsten unter freiem Himmel oder in besonderen Gebäuden, „Trockenscheunen“,

c) in Verbindung mit dem Brennofen und unter Ausnutzung der von diesem ausgestrahlten Wärme,

d) in besonderen Trockenkanälen.

Beim Trocknen auf der Erde, und zwar im unmittelbaren Anschlusse an das Streichen der Ziegel (vgl. S. 284) ist auf einen möglichst geschützten schattigen Ort Rücksicht zu nehmen, der einzuebnen und mit einer Lage feinen Sandes zu bedecken ist.

Die zuerst flach aufgelegten Steine werden unter günstigen Umständen nach 24 Stunden mit wenigen Zentimetern gegenseitigem Abstande gekantet; gegen Regen und leichten Frost, wie Sonnenbestrahlung werden sie durch Strohmatten geschützt. Bringt man die einzelnen Steine auf Trockenbrettchen, so sind auch diese, um ein Abziehen von Feuchtigkeit aus der Steinlagerfläche zu gestatten, vorher mit einer Sandschicht zu bestreuen. Nach weiteren 2—3 Tagen kann man in der Regel die Steine in 4—6 Schichten übereinander luftig aufstapeln. Von diesen Stapeln weg werden die Steine schließlich nach den Brennöfen gebracht. Werden, um während eines Teiles des Winters noch brennen zu können, trockene Steine auf Vorrat hergestellt, so werden sie in besonderen Vorratsschuppen aufbewahrt, um erst von hier aus — oft monatelang nach dem Trocknen, zum Brennen zu gelangen. Ein Trocknen unter freiem Himmel findet nur

[1]) Dies gilt für die Austreibung des Schwindwassers, um dessen Entfernung es sich bei der Lufttrocknung vorwiegend handelt. Hingegen kann die Beseitigung des letzten Wasserrestes ohne Nachteil mit größerer Geschwindigkeit bewirkt werden.

bei wenig kostbarer Ware, also vorwiegend bei gewöhnlichen Handstrichziegeln statt; es ist erklärlich, daß die Fabrikation hier ganz besonders von den Launen der Witterung abhängig ist und bei der ziemlich rohen Behandlung der Steine erhebliche Bruch- usw. Verluste eintreten.

Bei der Anlage des Platzes ist darauf zu achten, daß Regenwasser schnell abzufließen vermag, eine Überschwemmung des Platzes also vermieden wird.

Einen Übergang zu dem Trockengerüst bildet die Verwendung schrägstehender transportabler Böcke, auf welche Strohmatten oder Bretter gelegt werden, durch die ein Witterungsschutz der unter ihnen trocknenden Steine bewirkt wird; die so erzeugten kleinen Dächer bieten aber nur von einer Seite Schutz; und verlangen zudem viel Wartung, da sie der gerade herrschenden Windrichtung angepaßt werden müssen. Erheblich bequemer sind feste Trockengerüste, d. h. Gerüste von 3—9 m Länge und 0,7 bis 0,8 m Breite, aus einzelnen, senkrechten Stielen, wagerechten Querverbänden dieser, auf ihnen ruhenden, bezw. an die Stiele unmittelbar angeschlossenen Latten und einem kleinen vorstehenden Dache bestehend. Die Entfernung der Latten von Oberkante bis Oberkante richtet sich hierbei nach der Höhe der einzulegenden, feuchten Steine und beträgt z. B. beim Normalformat 24—22 cm, je nachdem unter die Steine Trockenbretter geschoben werden oder nicht. Bei 10 Latten übereinander kann man damit rechnen, daß 1 laufendes Meter Trockengerüst 200 Stück Ziegel des Normalformates aufnimmt.

Da in der Regel die Dächer gegen schief auffallenden Regen keinen sehr erheblichen Schutz gewähren, ist es günstiger, mehrere Trockengerüste durch ein weiter ausladendes Dach zu überspannen.

Stellt man eine größere Anzahl von Gerüsten unter ein gemeinsames Dach, d. h. in einen besonders errichteten Bau, so entstehen Trockenschuppen, Trockenscheunen und dergl. Die nicht über 70 m langen Schuppen (zur Verminderung allzu langer Transportwege) sind auf trockenem Gelände zu erbauen, mit einem allseitig weit überstehenden Dache abzudecken und mit einem Abflußgraben zu umgeben, der die atmosphärischen Niederschläge schnell weiterleitet. Die Längsseiten sind zweckmäßig von Ost nach West zu stellen, d. h. die Querseiten in der Richtung des häufigen Windes. Die Gerüste sind in ihrer Längsrichtung senkrecht zu den Längsseiten anzuordnen, damit die das Gebäude durchstreichende Luft die Gerüste in ihrer kürzesten Abmessung durchstreicht und somit möglichst alle in ihnen aufgestapelten Steine trifft. Die Wände der Schuppen, meist in Holzfachwerk errichtet, zeigen entweder eine größere Anzahl von fensterartigen Luken, durchbrochene Ausmauerung, größere Fenster oder bewegliche Holzjalousien, um — in dem ersteren Falle unter Verwendung von Strohmatten, Fensterläden usw. — die Stärke des Luftzuges regulieren bzw. bei stärkerem Winde den Schuppen an der Windseite schließen zu können. Hin und wieder finden sich auch Trockenscheunen mit zwei Stockwerken.

Zwischen den einzelnen Gerüsten sind Gänge von 80 cm bis 1,20 m zu lassen; überhaupt empfiehlt es sich, der bequemeren Zugänglichkeit und eines klaren Betriebes halber etwa $\frac{4}{7}$ der gesamten Grundrißfläche für Gänge zu rechnen, also rund $\frac{3}{7}$ mit Gerüsten zu besetzen. In der Nähe der Fenster, überhaupt dort wo stärkerer Luftzug vorherrscht, sind die schon ziemlich trockenen Steine aufzustapeln, schon damit die Luft beim Eintritt in den Schuppen nicht gleich von vornherein einen zu hohen Gehalt an Wasser aufnimmt; entsprechend sind die frischesten Steine so aufzustellen, daß sie nur mäßig bewegter, feuchter Luft ausgesetzt sind. Überhaupt ist ein öfters vorsichtiges Umstapeln der Steine zweckmäßig; notwendig ist dieses bei Dachsteinen, die des öfteren

auf ihren Trockenbrettern gelockert und gewendet werden müssen, damit sie sich nicht krummziehen können.

Wie lange das Trocknen in den Schuppen dauert, ist naturgemäß — wenn auch nicht in so hohem Maße wie beim Trocknen unter freiem Himmel — von den Witterungszuständen abhängig; bei günstigen Verhältnissen kann man mit einer Trockenzeit von etwa 14 Tagen rechnen. Es liegt auf der Hand, daß gleich den Trockengerüsten auch die Trockenscheunen für den Winterbetrieb nicht geeignet sind, da in ihnen die Steine durch Frost leiden.

Für einen durchgehenden Jahresbetrieb eignen sich nur geschlossene Trockenräume mit künstlicher Erwärmung. Hier kommen zunächst solche in Frage, die in Verbindung mit dem Brennofen stehen und die von dessen Ober- und Seitenflächen ausstrahlende Wärme unmittelbar benutzen; es sei jedoch hervorgehoben, daß im Winter auch diese Wärmequelle nicht immer ausreicht und durch Anbringung einer zeitweise in Betrieb zu setzenden künstlichen Zentralheizung des Trockenraumes unterstützt werden muß.

Entweder wird hier, etwa 3—4 m über der Plattform des Brennofens, eine durch schräg und senkrecht stehende Stiele abgestützte Balkenlage eingebaut — eine Anlage, die wegen der mäßig warmen, gleichmäßig nach oben strömenden Luft gut ist, oder es werden seitlich vom Brennofen Trockenkammern angeordnet, in die die warme Luft von oben nach unten zu eingesogen wird, oder es werden schließlich derartige, durch Türen verbundene, mit kleinen Zugschornsteinen ausgestattete Kammern unmittelbar über den Gewölben des Ringofens angeordnet und wie dieser in bestimmter Reihenfolge benutzt; dies geschieht derart, daß die Kammern vom Trockenbetriebe ausgeschaltet sind, in denen gerade neue Steine eingesetzt wurden, oder in denen sich das Feuer befindet.

Da die Wärme, vom Brennofen ausgestrahlt, auch durch die äußere Luft — schon wegen des den Ofen umgebenden Gebäudes — stark beeinflußt wird, so ist naturgemäß hier der Trockenbetrieb kein gleichmäßiger und regelmäßiger, wie schon durch die vorerwähnte, in vielen Fällen notwendige, künstliche Heizung bezeugt wird; auch ist zu beachten, daß alle hochgelegenen Trockenkammern meist einen senkrechten Transport der geformten Steine nach oben, der getrockneten zurück zur Sohle des Brennofens verlangen, eine Einrichtung, welche die Wirtschaftlichkeit des hier erörterten Trockenbetriebes einzuschränken geeignet ist. —

Für das Trocknen der Steine in eigenen, künstlich erwärmten Kammern gibt es eine größere Anzahl sehr verschieden gebauter und eingerichteter Anordnungen, auf die einzugehen bei dieser, für den Architekten und Bauingenieur verfaßten Abhandlung, allzuweit führen würde; es sei nur erwähnt, daß eine Gruppe der Anlagen auf dem Grundsatze des Gleichstroms beruht, eine andere auf dem des Gegenstromes aufgebaut ist, andere wieder — und zwar die neueren — eine Zirkulationsheizung aufweisen.

Im ersteren Falle ist die Einrichtung derart getroffen, daß in einem kanalartigen Trockenraume, dessen Luftbewegung durch einen Ventilator oder Schornstein bewirkt wird, auf Schienen laufende, mit zu trocknenden Steinen besetzte Wagen sich bewegen, und der Kanal durch Heizrohre erwärmt ist, deren Anzahl von dem Eintritt der frischen Steine an bis zum Austritt der getrockneten zunimmt; es werden mithin in den verschiedenen Abteilungen des Trockenraumes verschiedene Wärmegrade vorherrschen und es wird die sich allmählich mit Wasser mehr und mehr bereichernde Luft immer heißer werden und somit die Fähigkeit erlangen, noch mehr Feuchtigkeit aufzunehmen, also weiterhin trocknend zu wirken.

Bei dem Grundsatze des Gegenstromes wird der kanalförmige Trockenraum in seinem oberen Ende, woselbst die frischen, meist auf mehreren Gleisen den Raum durchlaufenden Steine eintreten, mit einem Exhaustor versehen, sonst aber geschlossen gehalten, während von unten aus die trockene, heiße, einer besonderen Heizung entnommene oder vom Brennofen abgesogene Luft eintritt, um unter Zuhilfenahme einer Anzahl von Ventilatoren, nach dem oberen Kanalende zu strömen. Hierdurch ist erreicht, daß die frisch eingeführten Steine zunächst mit mäßig warmer und wegen der Wasseraufnahme auf ihrem Wege auch feuchter Luft in Berührung kommen, wodurch ein Reißen verhindert wird, daß sie aber allmählich, bei langsamem (1—2 Tage) Durchgang durch den Trockenraum, von immer trockenerer und wärmerer Luft umspült werden und somit gleichmäßig und rissefrei austrocknen.

Als Beispiel einer neueren sehr leistungsfähigen Anlage, mit Zirkulationsheizung sei die Müller-Pfeifersche Kanal-Trocken-Anlage beschrieben[1]) — Abb. 87—89.

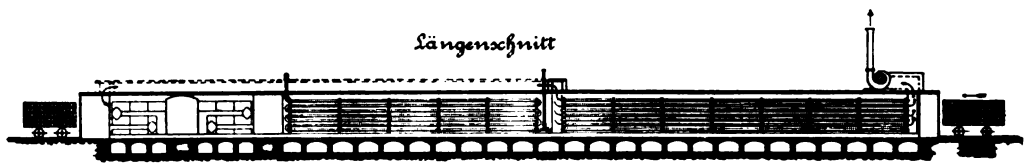


Abb. 87.

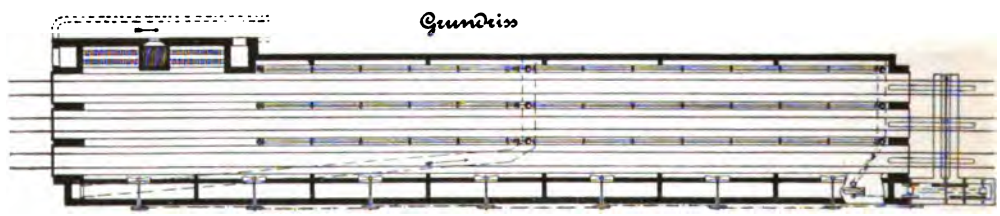


Abb. 88.

Abb. 89.

Auch hier bildet ein gemauerter Kanal die Kammer, durch die mit dem Trockengute beladene, eiserne Transportwagen hindurchgehen. Der Kanal selbst ist, gleich wie bei den vorbeschriebenen Einrichtungen so zu legen, daß sein Eingang möglichst in der Nähe der Formmaschinen, sein Ausgang nahe dem Brennofen liegt. Der Kanal ist im Innern ständig mit Wagen besetzt, da an seinem durch Holzklapptüren geschlossenen Außenende in bestimmten Zeitabschnitten aus jedem Gleise ein Wagen herausgezogen und unter Vorrückung des ganzen Zuges am Eingange durch einen frisch beladenen ersetzt wird.

Da der Ofen durchgehend (Tag und Nacht) betrieben wird, ist es notwendig, weil in der Regel nur am Tage geformt wird, eine größere Anzahl fertig beladener Reservewagen für die Nachtzeit anzusammeln, während die alsdann aus dem Kanal kommenden Wagen mit fertig getrockneten Steinen entweder auf ein Sammelgleis gefahren oder, besser, unmittelbar in den Brennofen überführt werden. Im allgemeinen reichen 24 Stunden zur vollkommenen Trocknung der Ziegelwaren aus[2]).

[1]) Vergl. Tonindustrie-Zeitg. 1900, Nr. 24 vom 26. VI., sowie die Druckschriften der Firma Müller-Pfeifer-Berlin, denen die obigen Mitteilungen entnommen sind.

[2]) Diese Zeit geht sogar bei einer Ausführung auf 16 Stunden herunter.

Während die Tonwaren den Kanal passieren, befinden sie sich stets in bewegter Luft. In jedem Stadium der Trocknung kann die Geschwindigkeit den Anforderungen des in Frage stehenden Materials durch Ventilatoren angepaßt werden; gegen Ende der Trocknung, also nahe am Ausgang ist die Bewegung am stärksten. Die genau für ein gegebenes Material einzustellende Temperatur steigt von 20 bis 30° C am Anfange auf 120—140° C am Ende der Trocknung; also auch hier steigt die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft von Beginne der Trocknung bis zum Abschlusse.

Die Trockenanlage ist in ihrer ganzen Längsausdehnung mit Heizkörpern versehen, welche seitlich von den Gleisen und zwischen denselben angeordnet sind — Abb. 87, 88 und 89. Im größeren Teil des Kanals, und zwar dem kälteren bestehen die Heizkörper aus Rippenröhren; hier ist das Heizmittel der aus den zu trocknenden Waren selbst ausgetriebene Wasserdampf; an diese Heizung schließen sich nach dem heißeren Ende gleichartige Heizkörper an, in denen verfügbarer Maschinenabdampf das Heizmittel bildet; endlich ist im letzten Teil eine besondere Heizung eingerichtet; die auf einem gewöhnlichen Rost erzeugten Heizgase durchziehen die hier liegenden Rohrkörper und erhitzen sich und die Wände des Trockenkanals, ohne aber selbst in diesen einzudringen oder mit den zu trocknenden Steinen in Berührung zu kommen, da sie nach Passierung der Heizkörper in den Schornstein gehen. Zur Querbewegung der Luft im Kanal, also zur vollkommenen Übertragung der Wärme auf die Wagen dienen in gegenseitiger Entfernung von etwa 5,0 m in der ganzen Längsausdehnung des Kanals angeordnete Ventilatoren, Abb. 89, welche bewirken, daß die von der Heizung kommende Luft den nebenstehenden Wagen durchzieht, das nächste Heizregister durchstreift, den folgenden Wagen passiert usw., je nach der Gleisanzahl; darauf durchstreift die Luft die Ventilatoren selbst, wird nach unten geführt und gelangt unter dem Niveau der schienengleich angeordneten Sohlenkanäle wieder zur ersten Heizung zurück usf.

Außer dieser Querbewegung wird auch eine langsame Fortbewegung der Luft in Richtung der Längsachse des Kanals vom kalten Ende nach dem warmen zu bewirkt, und zwar durch Absaugung der aus dem zu trocknenden Materiale entstehenden Wasserdämpfe am Kanalende und Ergänzung des hier fortgenommenen Luftquantums vom oberen Ende des Trockenraumes her durch nach außen führende regulierbare Luftöffnungen.

Die abgesaugten heißen Dämpfe schließlich treten — Abb. 87 — in der Mitte des Kanals in die hier liegenden Heizkörper wieder zurück, um durch diese hindurch nunmehr nach dem kälteren Ende hinzuziehen. Da sich diese Rippenrohre ständig abkühlen, so werden die Wasserdämpfe in ihrem Innern sich verflüssigen und zwar unter Abgabe der latenten Wärme an das Innere des Trockenkanals selbst. Es wird mithin der größte Teil des Trockenkanals geheizt durch die aus dem Trockengut selbst ausgetriebenen Dämpfe. Gerade hierdurch ist der sehr geringe Brennstoffverbrauch und die Wirtschaftlichkeit des Trockenverfahrens bedingt. Über Leistung und Abmessung der Trockenanlage gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

Leistung in 24 Std.		Kanallänge	Kanalbreite	Kanalhöhe	Gleisanzahl
Stück	Normalsteine	m	m	m	
5000	—	30,0	6,25	2,00	2
10000	—	53,0	6,25	2,00	2
15000	—	52,0	8,00	2,00	3
20000	—	53,0	9,5	2,00	4
25000	—	52,0	10,5	2,00	5

In Abb. 90 ist der Grundriß und Querschnitt einer Ziegelei bei Verwendung der Müller-Pfeiferschen Kanaltrockenanlagen in Verbindung mit einem Ringofen und bei einer Tagesleistung von 10000 Normalsteinen dargestellt.

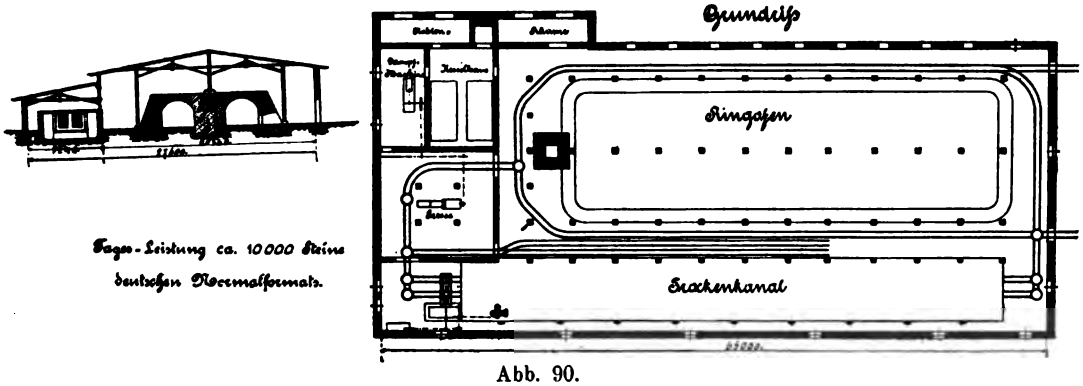


Abb. 90.

Kapitel XVII.

Das Brennen und Nachbehandeln der Ziegelwaren.

§ 54. Der Brennbetrieb im allgemeinen.

Das Brennen hat den Endzweck, die geformten Ziegelwaren zu festigen, dauerhaft und wetterbeständig zu machen. Die Größe der Wärmezufuhr ist je nach der Tonart und den Verwendungszwecken verschieden; namentlich kommt hier das Brennen der Waren vor der Sinterung oder bis zu dieser in Frage. Beim Brennen verändert der Ton seine Farbe. Darauf, daß diese Färbung gleichmäßig geschieht und keine flammigen oder streifigen Verfärbungen entstehen, ist — namentlich bei besseren Steinen — besonderer Wert zu legen; solche Verfärbungen lassen sich dadurch meist vermeiden, daß einerseits die Steine vor dem eigentlichen Brennen vollkommen getrocknet — gut geschmaucht sind, andererseits die Wirkung der Flamme im Brennofen bald eine oxydierende, bald eine reduzierende ist. Letzteres ist besonders von Wichtigkeit für weiche kalkhaltige Tone, bei denen infolge der Einwirkung der schwefligen, aus den Verbrennungsprodukten ausgeschiedenen Säure auf der Steinoberfläche bei oxydierender Flamme eine Ausscheidung von schwefelsaurem Kalk sich bildet, die zur Steinverfärbung führt, während bei reduzierender Flamme, d. h. Vorhandensein größerer Mengen von Kohlenoxyd usw. dieser Anflug in schwefligsauren Kalk verwandelt wird; dieser ist bei hoher Temperatur nicht beständig, sondern zersetzt sich in Kalkerde und gasförmige schweflige Säure wieder. Während bei den periodisch brennenden Öfen von Natur aus eine derartige Abwechselung in der Beschaffenheit der Flamme eintritt, muß bei Dauerbrandanlagen — namentlich Ringöfen — hin und wieder bei geschlossenen Rauchabzügen eine größere Menge von Brennmaterialien eingeführt werden, um eine reduzierende Wirkung der Flamme zu erzielen. Diese Abwechselung ist aber auch für kalkarme, rotbrennende Tone von Wichtigkeit, da hierdurch die Farbe der Steine besondere Frische erlangt.

Wie vorerwähnt, muß alles Wasser aus den Ziegelwaren ausgetrieben werden, ehe sie zum „Scharffeuer“ gelangen; sie sind deshalb einem Vorfeuer auszusetzen, „auszuschmauchen“, wie sich dies bei allen periodisch brennenden Öfen von vornherein ergibt, indem die Brennhitze allmählich ansteigt, in längerer oder kürzerer Zeit — je nach der Art des Brenngutes. In gleicher Art findet auch in den, von der Einwirkung des Brennfeuers zunächst ausgeschlossenen Kammern des kontinuierlichen Ofens eine Vorfeuerung statt, zweckmäßig bei Offenstehen der Abzugskanäle dieser so lange als möglich. Auch kann man zum Zwecke des Schmauchens einige Kammern dem kontinuierlichen Betriebe des Ofens entziehen und sie entweder durch besondere Heizkörper anwärmen oder von den bereits abkühlenden Kammern heiße Luft in sie hineinsaugen. Daß die Steine vollkommen getrocknet sind und kein Wasserdampf im Brennraum mehr vorhanden ist, erkennt man leicht daran, daß eine eingeführte Eisenstange sich nicht mehr mit feinen, an ihrer Außenfläche niedergeschlagenen Wasserbläschen überzieht. In gleicher Weise ist es wichtig, die gebrannten Steine einer sehr langsamen Abkühlung zu unterwerfen. Dies ist namentlich eine unbedingte Notwendigkeit bei zähen Steinen, Klinkern, Trottoirplatten, Pflastersteinen, Fliesen usw. Nach Beendigung des Brandes werden im Hinblicke auf die Abkühlung bei periodischen Öfen zunächst alle Ausgänge und Feuerungsöffnungen geschlossen und erst allmählich von oben an beginnend, oft erst nach einer ganzen Anzahl von Tagen, wieder geöffnet, während bei kontinuierlichen Anlagen die Abkühlung der Steine sich in bestimmter gesetzmäßiger Weise, entsprechender Intensität des Betriebes und der Anzahl der Kammern, abspielt.

Auch ist beim Schmauchbetriebe darauf zu achten, daß die noch feuchten Steine nicht unmittelbar mit den Feuergasen, namentlich Rauchgasen in Berührung kommen, da — wenn auch Flugasche den trockenen Steinen in der Regel nicht mehr schadet, feuchte Steine von ihr durch Bildung von Asche-Ansätzen recht ungünstig beeinflußt werden können. In diesem Sinne ist auch — namentlich bei Verblendsteinen, Terrakotten usw. — darauf zu achten, daß die Hitze in den Schmauchkammern zwischen 100—120° C beträgt, damit auch jede Spur von Wasser ausgeschieden werde [1]).

Schließlich kann (bei Ringöfen) die Austrocknung auch unter dem Einflusse der Luft von außen in der Art erfolgen, daß in die vorgewärmten letzten Kammern von außen her Luft eingelassen, und die Zugänge zum Rauchkanale hier geschlossen und nur in einer der rückwärts liegenden Nachbarkammern geöffnet werden; alsdann werden sich die Feuergase in diesen letzten Kammern rückwärts bewegen und es wird ein langsames, von Flugasche freies Austrocknen der Steine eintreten.

Beim Brennen selbst soll das Feuer möglichst gleichmäßig das Brenngut treffen und von allen Seiten in gleicher Intensität umspülen. Werden in demselben Raume verschiedene Fabrikate gebrannt, so wird man ihre Entfernung vom Eintritte des Feuers den notwendigen Brenntemperaturen anpassen, also z. B. die Waren, die eine geringere Brenntemperatur erfordern, in größerem Abstande vom Feuer anordnen usf.; ist die Durchstreichkraft der Flamme eine verschiedene, so wird man dort, wo ihre Einwirkung erschwert ist, die Steine mit weiteren Abständen stellen; ferner hat man bei sehr scharf zu brennenden Steinen diese gegen die Einwirkungen der hohen Temperatur zu schützen, zu sinternde Steine durch Zwischenstreuen von Quarzsand zu trennen, Fliesen, desgl. Pflasterklinker, Terrakotten u. dergl. dem unmittelbaren Angriffe des Feuers durch Einsetzen in Kapseln und Muffeln zu entziehen; auch ist eine Belastung dünner Steine, wie Dachziegel, zu verhindern; glasierte Steine u. dergl. sind so aufzustellen, daß die Glasurflächen nicht irgendwie von anderen Körpern berührt werden, die Steine sind vor dem Umfallen zu bewahren usw. usw.

Das erforderliche, langsame Ansteigen der Temperatur, desgl. deren notwendiges Maximum [2]) kann bis zu rund 1600° C noch mit Pyrometern bestimmt werden, wird aber meist unter Verwendung der sogen. Segerkegel [3]) beobachtet. Dies sind — vgl. Abb. 91 — abgestumpfte dreiseitige Pyramiden von 6 cm Höhe und stellen eine Reihe systematisch zusammengestellter, an Schwerschmelzbarkeit zunehmender Silikate dar; sie dienen zum Beobachten des Fortschreitens der Hitze im Ofen; so läßt Abb. 91 erkennen, daß die erreichte Temperatur dem zweiten Segerkegel (7) entspricht (1270° C), da der erste (Nr. 5, 1230° C) schon bereits geschmolzen ist, der dritte Kegel (Nr. 8) aber noch nicht erheblich deformiert ist [4]). Die nachstehende Reihe gibt die Nummern der Segerkegel und ihre nach Graden von Celsius geschätzte Schmelztemperatur an.

Abb. 91.

[1]) Zur Kontrolle dieser Temperatur dienen hier in Metallrohren befindliche, längliche Quecksilberthermometer (bis + 350° C), die von oben aus in die Öfen eingeführt werden.

[2]) Aus der Färbung der Flamme auf die im Ofen herrschenden Hitzegrade zu schließen, ist im allgemeinen unsicher.

[3]) Hergestellt ausschließlich von der Kgl. Porzellan-Manufaktur zu Berlin; benannt nach dem Erfinder Prof. Dr. H. Seger, weiland Leiter des chem. Laborat. für Tonindustrie zu Berlin.

[4]) Ein schwaches Neigen und Biegen der Kegel ist noch nicht als Schmelzen anzusehen. Der Kegel gilt als geschmolzen, wenn er mit seiner Spitze die Chamotteplatte, auf der er mit Ton festgeklebt, oder die Tonplatte, in die er hineingefügt worden ist, berührt.

Segerkegel-Nummer	Geschätzte [1]) Temperatur Grad Celsius	Segerkegel-Nummer	Geschätzte Temperatur Grad Celsius	Segerkegel-Nummer	Geschätzte Tempertur Grad Celsius
022 [2])	590	01	1130	21	1550
021	620	1	1150	22	1570
020	650	2	1170	23	1590
019	680	3	1190	24	1610
018	710	4	1210	25	1630
017	740	5	1230	26	1650
016	770	6	1250	27	1670
015	800	7	1270	28	1690
014	830	8	1290	29	1710
013	860	9	1310	30	1730
012	890	10	1330	31	1750
011	920	11	1350	32	1770
010	950	12	1370	33	1790
09	970	13	1390	34	1810
08	990	14	1410	35	1830
07	1010	15	1430	36	1850
06	1030	16	1450	37	1880
05	1050	17	1470	38	1910
04	1070	18	1490	39	1940
03	1090	19	1510		
02	1110	20	1530		

Segerkegel 26 entspricht (vergl. S. 255) dem Schmelzpunkte der Tone, welche in der Tonindustrie als die niedrigst schmelzenden, feuerfesten Materialien angesehen werden. Die Segerkegel von Nr. 26—36 haben nur noch Höhen von $2^1/_2$ cm.

Die Beobachtung des Brandes durch Segerkegel hat für das Brennen der Tonwaren gegenüber anderen Beobachtungsmethoden die Vorteile, daß man die Zeit ziemlich genau bestimmen kann, die eine bestimmte Hitze anhält, und danach das Feuer zu regulieren in der Lage ist, daß ferner die Beobachtung eine sehr einfache wird und jedem Arbeiter übertragen werden kann [3]), und schließlich die aus Tonerdesilikaten bestehenden Kegel dieselbe Wirkung erleiden werden, wie die zu brennenden gleichartig zusammengesetzten Tonwaren; man kann demgemäß damit rechnen, den Garbrand der Ware wirklich erreicht zu haben, wenn der entsprechende Segerkegel in dem am wenigsten heißen Teile des Ofens umgeschmolzen ist.

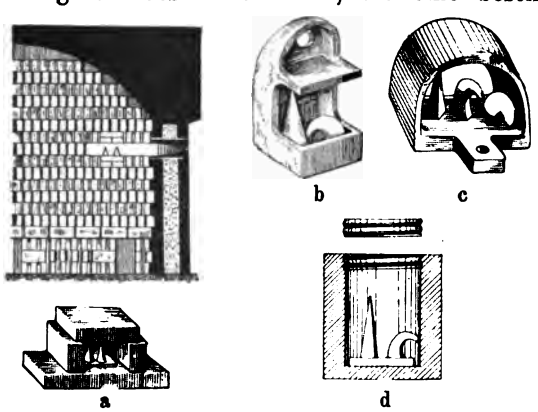


Abb. 92a—d.

Ist durch Probeschmelzen einer ganzen Anzahl von Segerkegeln die Garbrandtemperatur festgestellt, so genügen im Betriebe für die Folge meistens 3 Segerkegel, welche derart zu wählen sind, daß der erste als Warner, durch sein Niederschmelzen, den Beginn des Garbrandes anzeigt, der zweite im Laufe des Brandes schmilzt, der dritte aber nur eine geringe Formänderung zeigt; dem entsprechend ist das Feuer einzurichten. Der dritte Kegel deutet die Temperatur an, über die ohne Beeinträchtigung

[1]) Tonindustrie-Zeitung 1895. Nr. 19. S. 803.

[2]) Sprich: Null zweiundzwanzig usw.

[3]) Pyrometerbeobachtungen erfordern hingegen einen wissenschaftlich gebildeten Beamten.

der Ware nicht hinausgegangen werden darf. Die Kegel sind bequem sichtbar aufzustellen, sodaß sie durch ein Schauloch gesehen werden können, und zwar soll das Beobachten immer an 2 Stellen im Ofen erfolgen, einerseits in der Nähe der Feuerungseinströmung, andererseits nahe dem Abzuge, also bei schwächstem Feuer. Zu beachten ist, daß Segerkegel vor Stichflammen geschützt werden müssen; deshalb wird für den Segerkegel — Abb. 92a — entweder ein Schaukanal errichtet, oder es finden Heinzesche Hängeschalen — Abb. 92b — bezw. „Hauben" — Abb. 92c — oder, bei Schachtöfen, Kapseln mit einschraubbarem Deckel Anwendung — Abb. 92d.

Es werden verwandt zum Brennnen von:

Porzellanfarben und Lüstern	Kegel	022	bis	010
Ziegeln aus kalk- und eisenhaltigen Tonen, Ofenkacheln u. dergl.	„	015	„	010
Ziegeln aus kalk- und eisenarmen Tonen, Klinkern, Fußbodenplatten und ähnlichen Fabrikaten	„	1	„	10
Steinzeug mit Salz- oder Lehmglasur	„	5	„	10
Weißem Steingut (Rohbrand)	„	3	„	10
Weißem Steingut (Glattbrand)	„	010	„	10
Chamottewaren, Zement und Porzellan	„	10	„	20
Silikaziegeln und zum Schmelzen schwerflüssiger Gläser bezw. in der Stahl- und Wassergasindustrie	„	20	„	25
Zur Bestimmung der Feuerfestigkeit der Tone und der zugehörigen Materialien dienen	„	26	„	36

Der Versand der Segerkegel geschieht in einzelnen Nummern ganz nach Wunsch der Abnehmer von 100 Stück an zum Preise von 4,50 Mk. Bei geringerem Bezuge kostet das Stück 5 Pf.

§ 55. Die allgemeine Anordnung der Brennöfen.

Als Brennmaterialien finden in der Ziegelindustrie Verwendung: Holz nur in sehr geringem Maße, Torf, noch häufig, namentlich zum Brennen untergeordneter, gewöhnlicher Steine, Braunkohlen, Steinkohlen, — bevorzugt kurzflammige Sandkohlen[1]) — Stein- und Braunkohlenbriketts, Steinkohlenkoks, sowie Heizgase. Von letzteren sind namentlich die Generatorgase wichtig, das sind entweder Luftgas[2]), bestehend aus $^1/_3$ Kohlenoxyd und $^2/_3$ Stickstoff, oder Wassergas[3]), vorwiegend aus Wasserstoff, Kohlenoxyd und kleineren Mengen von Kohlensäure und Stickstoff zusammengesetzt. Diese Heizgase werden in besonderen „Generatoren", schachtofenförmigen Behältnissen erzeugt, in deren unterem Teil das Brennmaterial (Braun- oder Steinkohlen, bei Wassergas fast ausschließlich Anthrazit) unter Zuführung von Gebläsewind bzw. Wasserdampf verbrannt wird[4]).

Die verschiedenen Arten der Brennöfen lassen sich nach der Art ihres Betriebes in eine Anzahl von Gruppen einteilen; man kann unterscheiden:

1. Öfen mit unterbrochenem Betriebe. Hierher gehören:
   a) Der einfache Feldofen, für gewöhnliche Ziegelwaren früher viel verwandt.
   b) Öfen mit aufsteigender Flamme, vorwiegend für Porzellan und Steingut benutzt.
   c) Öfen mit wagerecht gehender Flamme.
   d) Öfen mit überschlagender Flamme.

[1]) Hierunter werden solche Kohlen verstanden, welche in gepulvertem Zustande nach dem Verkoken noch ihre Form behalten, also pulverförmig bleiben.

[2]) Hier wird heiße Luft durch die im Brand befindlichen Kohlen zwecks deren Vergasung hindurchgepreßt. Die Brenngase werden oben abgefangen und fortgeleitet.

[3]) Wasserdampf wird in den glühenden Brennstoff geleitet. Da hierbei Wärme gebunden wird, so wird abwechselnd Wasserdampf und atmosphärische Luft in die Kohlenschicht geblasen, wodurch die Kohle stetig zu erneuter Vergasung befähigt wird. Die jeweilig entstehenden Gase werden getrennt abgefangen.

[4]) Es gibt auch Generatoren, welche zur gleichzeitigen Erzeugung beider Gase dienen.

2. Öfen mit kontinuierlichem Betriebe, und zwar:
   a) Mit feststehendem Feuer, Kanalöfen.
   b) Mit fortschreitendem Feuer, Ringöfen.

3. Muffelöfen, welche eine Berührung der Brennwaren unmittelbar mit dem Feuergasen ausschließen und mit unterbrochenem und dauerndem Betriebe ausgestattet sein können.

Von den für die Erzeugung von Ziegelwaren wichtigen Öfen seien die nachfolgenden besonders erwähnt; wegen ihrer Einzelheiten sowie anderer Systeme, deren Behandlung zu weit führen würde, sei auf die in der Anmerkung[1]) angegebene Sonderliteratur verwiesen.

a) Der Feldbrandofen, auch Meiler oder Meilerofen genannt, eigentlich kein Ofen im engeren Sinne des Wortes, da er meist nur eine, seltener zwei sich alsdann gegenüberstehende feste Wände besitzt, in deren unterem Teil die Öffnungen für eine Einbringung des Brennmaterials liegen. Zwischen diesen Wänden werden unter Freihaltung von Schürgassen, die bei zwei gegenüber stehenden Mauern deren Öffnungen verbinden, die getrockneten Steine mauerförmig, aber mit Zwischenräumen aufeinander gesetzt. Die nicht durch besondere Mauern geschützten Seitenflächen sind ohne Lücken auszuführen und mit einem Lehmputz zu verkleiden. Die im Innern freigelassenen Schürgassen sind mit Kohlengruß zu füllen oder, bei Kohlenfeuerung, an ihrem Beginne unter Verwendung eines Rostes besondere Feuerungen einzubauen; dient Holz als Brennmaterial, so wird dieses, je nach Bedürfnis, von außen in die Schürgassen eingeworfen. Die Schürgassen gestatten zugleich eine notwendige Regulierung des Feuers, namentlich durch Fernhalten eines allzustarken Windes durch Bedecken ihrer Ausmündung mit Matten usw.

Hin und wieder sind auch die Schürgassen fest gemauert und mit durchbrochenen Gewölben nach oben abgeschlossen[2]); manchmal werden auch (in Amerika) die Öfen auf allen vier Seiten durch feste Seitenmauern abgeschlossen, von denen je zwei durch Schürgassen verbunden sind, während die anderen Türöffnungen zum Ein- und Auskarren der Steine aufweisen.

Zweckmäßig ist es, um die eingefahrenen Steine vor den Unbilden der Witterung zu schützen, die Meiler mit einem leichten Holzdache zu überbauen, das mit Rücksicht auf die Schürarbeiten zweckmäßig an der Schürstelle seitliche Ausbauten erhält. Die Brennzeit eines Meilers beträgt etwa drei Wochen; alsdann werden alle Schüröffnungen geschlossen, um ein allmähliches Abkühlen der heißen Steinmasse zu sichern.

Es liegt auf der Hand, daß bei der Art des Brennens die Steine sehr verschieden in ihrer Güte ausfallen müssen; viele von ihnen werden durch den Druck der aufliegenden Schichten gebrochen oder erheblich verbogen sein, nicht wenige sind durch Asche- und Schlackeansätze verunreinigt, manche im Innern des Meilers durch zu starken Brand

[1]) 1. Die Brennöfen für Tonwaren, Kalk, Magnesia, Zement u. dergl. unter besonderer Berücksichtigung der Gasbrennöfen, von Ernst Schmotolla, Hannover. Verlag von Gebr. Jänecke. 1903.

2. Handbuch der Ziegelfabrikation von R. Dümmler. Halle a. S. Wilhelm Knapp, 1894, Kapitel VIII, Das Brennen der Waren. S. 299—376.

3. Handbuch der gesamten Tonwaren-Industrie von Bruno Kerl, III. Aufl. Braunschweig, 1907. Fr. Vieweg & Sohn. Abschnitt VII. Das Brennen der Tonwaren. S. 651 u. folg.

4. Dr. Zwick, Die Natur der Ziegeltone. II. Aufl. A. Hartlebens Verlag, Wien, Pest, Leipzig 1894. S. 412 u. folg.

5. Ludwig Wipplinger, Die Keramik. A. Hartlebens Verlag, Wien, Pest, Leipzig 1897. S. 209 u. folg.

[2]) Z. B. beim sogen. Münchener Ofen, einer oben offenen, an allen Seiten durch Mauern umschlossenen Bauart. Seine Weiterentwickelung vergl. unter b).

geschmolzen, wieder andere nahe der Außenseite nicht genügend gebrannt usw. usw.; immerhin aber stellt das Endergebnis, alles in allem, namentlich im Hinblicke auf den nicht hohen Preis, ein für landwirtschaftliche Zwecke durchaus brauchbares Ziegelmaterial dar.

b) Der deutsche Ofen, ein Einzelkammerofen mit unterbrochenem Betriebe und ohne Schornstein, Abb. 93. Auf der Sohle liegen eine Anzahl, meist bald von der einen, bald von der anderen Seite aus mit Rostfeuerung versehene Brennkanäle, die entweder nur Vertiefungen darstellen und demgemäß durch das Brenngut in ihrem oberen Teile selbst hergestellt werden oder oben durchbrochene Wölbungen zeigen. Die Heizgase entweichen durch die gleichmäßig verteilten, im Querschnitte zu zweien oder dreien nebeneinander liegenden Abzugsöffnungen, in der Regel unmittelbar ins Freie.

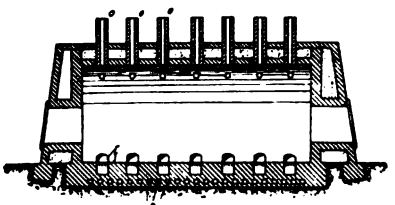


Abb. 93.

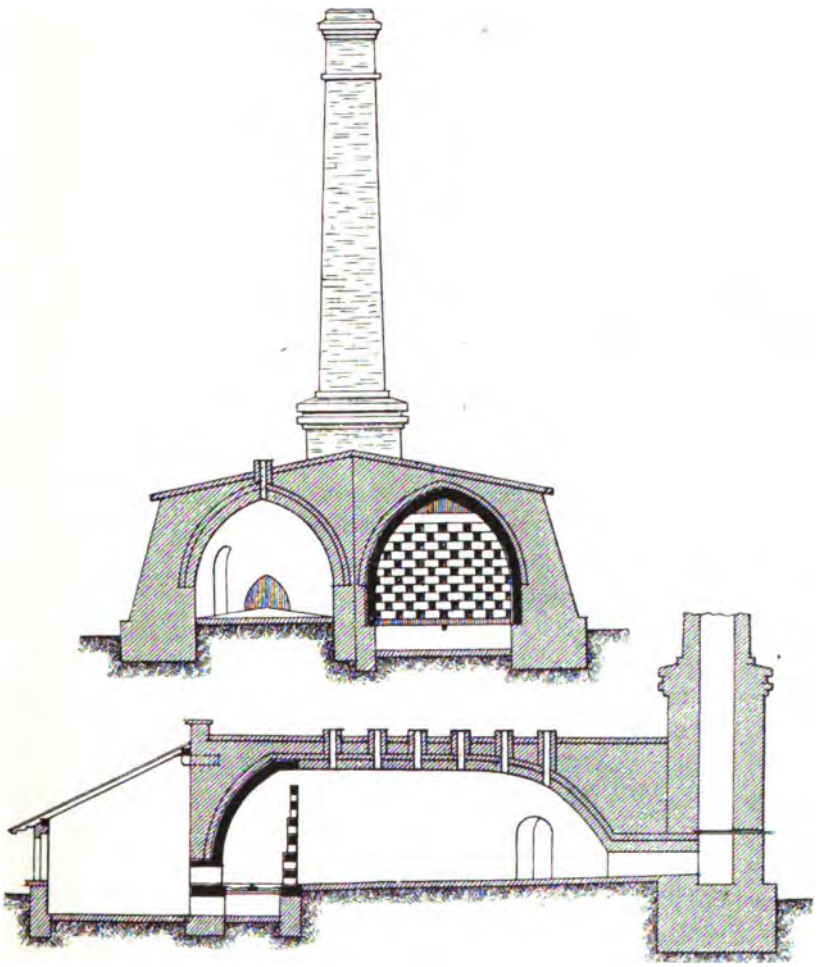


Abb. 94a u. b.

Die Brennkammer ist mit feuerfesten Steinen ausgekleidet und durch zwei, während des Brennens vorübergehend zu vermauernde Türen zugänglich gemacht. Da der Weg der Heizgase in dem Ofen ein nur sehr kurzer ist, werden diese nicht gut ausgenutzt, und zwar um so weniger, als im Anfang ein nur geringer Zug vorhanden ist. Beide Nach-

teile kann man durch Anordnen eines Schornsteins beseitigen, der so angeordnet wird, daß er nicht nur ein senkrechtes Aufsteigen der Feuergase, sondern auch eine ausgiebige wagerechte Bewegung derselben bewirkt. Eine derartige Einrichtung besitzt:

c) Der Cassler Flammofen, Abb. 94 a b. Dieser besteht aus einer länglichen Brennkammer, deren Gewölbe sich nach dem zum Schornstein führenden Fuchs allmählich senkt. Am vorderen Ende der Kammer befindet sich der Planrost, auf dem das Brennfeuer erzeugt wird, dahinter eine feuersichere, durchbrochene Wand, der die Aufgabe zufällt, die Feuergase gleichmäßig über den Brennraum zu verteilen und Flugasche zurückzuhalten; dann folgt der Brennraum mit der in seinem hinteren Teil gelegenen, während des Brandes zugemauerten Einkarröffnung; auch hier sind, wie bei Abb. 93, in der Kappe des Ofengewölbes verschließbare Öffnungen vorgesehen, welche unter Umständen auch als Heizlöcher zum Einwerfen von Brennmaterial (im Notfalle) dienen können[1]), vorwiegend aber zum Ableiten der Rauchgase beim Anheizen bzw. des Wasserdampfes beim Anschmauchen benutzt werden. Zweckmäßig werden in den Fuchskanal Schieber eingesetzt, um den Zug zu regulieren, auch den Ofen gänzlich vom Schornstein abzusperren.

Recht oft wird der vorstehende Ofen, als Doppelofen gebaut — vergl. den in Abb. 94 b dargestellten Querschnitt —, um den Schornstein besser auszunutzen; alsdann läßt sich im gewissen Sinne ein Dauerbetrieb einrichten, indem bald die eine, bald die andere Hälfte des Ofens in Brand gesetzt wird. Noch weiter geht Schmotolla[2]) mit seinem zweckmäßig erscheinenden Vorschlage, bei dem er um den Schornstein herum eine Anzahl von Cassler Öfen anlegen und diese durch einen die vorderen Teile der Brennkammern verbindenden Kanal derart kuppeln will, daß die bisher ungenutzt nach dem Schornstein entweichenden noch heißen Brenngase zum Anwärmen und Schmauchen der noch nicht in Brand befindlichen Öfen herangezogen und ausgenutzt werden. —

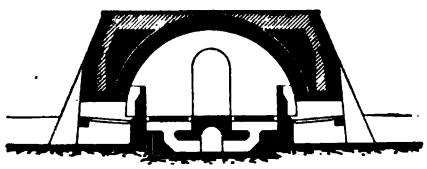


Abb. 95.

d) Als Beispiel eines Ofens mit überschlagender Flamme, die vielfach zum Brennen feuerfester Erzeugnisse, von Pflastersteinen, Dachziegeln, Rohren usw. benutzt wird, sei der Augustinsche Ofen erwähnt, Abb. 95 (Bauart Bock-Berlin). Seitlich vom Ofenraum liegen zwei Roste und aus Chamottesteinen errichtete Feuerbrücken. Die Feuergase gehen über diese hinweg nach dem Gewölbe der Brennkammer, und von hier aus nach dem Boden dieser und zwar nach Zügen unter ihrer Sohle, die durch einen gemeinschaftlichen Kanal in den Schornstein münden. Der Ofen gestattet eine gleichmäßige Verteilung der Hitze und brennt zunächst die oberen Steine in der Nähe des Ofengewölbes; sollten die nahe der Sohle stehenden noch nicht gar sein, so kann durch besondere Schieber gegen Ende des Brandes die Flamme unmittelbar nach der Kammersohle geleitet werden.

e) Einen kontinuierlichen Brennofen mit feststehendem Feuer zeigt Abb. 96 — nach dem Erfinder und seiner Form als Bockscher Kanalofen benannt. — Hier zieht die horizontal streichende Flamme dauernd in einer Richtung durch den

[1]) Hierauf beruht, bei dauernder Ausnützung dieser Nebenfeuerung, eine besondere Art von Öfen: „Periodische Öfen mit Ringofenbefeuerung", d. s. langgestreckte Casseler Öfen bis 25 m Länge, bei denen, neben der Feuerung an einer Schmalseite, eine regelmäßige Befeuerung von oben aus (wie beim Ringofen) erfolgt.

[2]) Vergl. dessen Werk über Brennöfen (Anm. 1 auf S. 306.)

Kanal und das zu brennende Gut wandert in entgegengesetzter Richtung den Brenngasen entgegen, für die zweckmäßig Generatorgas Verwendung findet. Hierbei wird das Brenngut auf besonders gebauten Wagen gestapelt, die von außen her, (durch Ketten von vorn, durch hydraulische Zylinder von hinten aus und dergl.) bewegt werden und zunächst eine Vorwärmzone passieren, um allmählich in immer wärmere Teile des Ofens bis schließlich in die Brennzone zu gelangen. Durch weiteres Vorschieben verlassen die Wagen dann wieder diese Zone, kühlen langsam ab und gelangen schließlich ins Freie. Der in Abb. 96 dargestellte Querschnitt zeigt einen Kanalofen — in der Brennzone mit Gasfeuerung. Das Gas gelangt aus dem Generator in den Kanal B, von hier durch Seitenabzweige C nach dem Kanal D und von diesem endlich aus durch Öffnungen in seiner Sohle nach dem Kanal E, durch dessen durchbrochene Wände das Gas, sich hier mit Verbrennungsluft mischend, in den Brennkanal F oberhalb der Wagenplattform ausströmt.

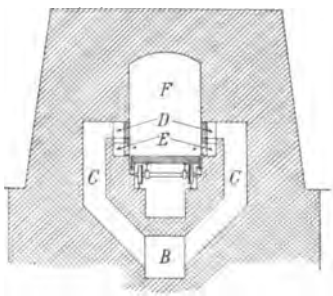


Abb. 96.

Von dem, dem Schmauchen dienenden Teile des Ofens werden die Heizgase seitlich in, dem Kanal parallel geführte, in der Außenwand liegende Kanäle abgesogen, damit

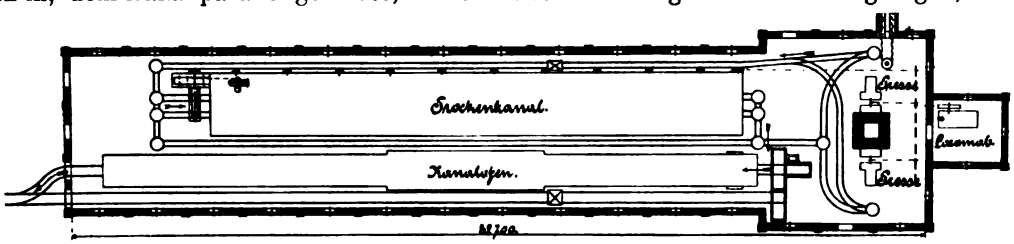


Abb. 97 a.

die Erwärmung der Kanalwandung hier nur eine mittelbare und ein Reißen der Steine durch Überhitzung vermieden wird. — Noch besser ist die Verbindung des Kanalofens ohne Schmauchzone mit einem besonderen Trockenofen, namentlich dem Müller-Pfeiferschen Trockenkanale. Hier werden die Tonwaren soweit vorgetrocknet, daß ein fehlerfreies, sicheres Arbeiten des Kanalofens vorausgesetzt werden darf. Als Vorteil des letzteren erscheinen hervorhebenswert, die Abnutzung nur an einer Stelle, in der Brennzone, die geringen Abmessungen und demgemäß nicht erheblichen Boden- und Baukosten, die geringe Brennzeit von 1½—2 Tagen; bei der obengannten Vereinigung treten noch hinzu die geringen Abmessungen der gesamten Fabrikanlage und die Möglichkeit, den gesamten Betrieb unter einem Dache zu vereinigen — vergl. Abb. 97 a b —, den Grundriß und Querschnitt einer derartigen Anlage für eine tägliche Leistung von 15000 Stück Normalziegeln darstellend.

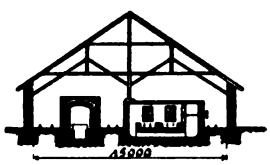


Abb. 97 b.

f) Der Hoffmannsche[1]) Ringofen ist ein Dauerbrand-Ofen mit fortschreitendem Feuer; seine ursprüngliche Form war die reine Kreisform mit zentralgelegenem Schornsteine; wenn auch im Laufe der Zeit die äußere Gestalt und die Konstruktion von

[1]) Diese wichtigste Ofenbauart ist nach ihrem Erfinder, dem früheren Direktor der Siegersdorfer Werke, Baurat Friedrich Hoffmann benannt worden, der im Jahre 1858 den Ofen in die Praxis des Ziegeleibetriebes einführte.

Einzelteilen des Ofens manche Wandlung erfahren haben, so sind doch die Grundsätze, auf denen der Betrieb des genial ersonnenen Ofens beruht, dieselben geblieben; deshalb seien sie zunächst an dem einfachen Beispiele kreisförmiger Anlage dargelegt, Abb. 98a b.

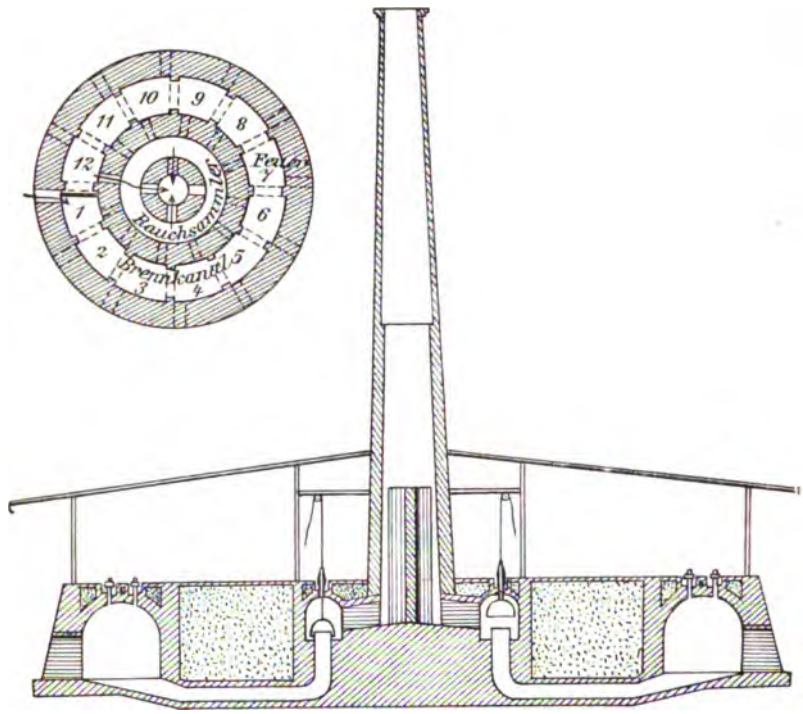


Abb. 98a u. b.

Der Ofen besteht aus einem äußeren, in einzelne, meist durch feste, aber durchbrochene Trennungswände in Kammern geteilten Brennkanal, einem zentral liegenden ringförmigen Rauchsammler und dem zentral in diesem liegenden Schornstein. Das Feuer wandert in der Richtung des im Grundrisse angedeuteten Pfeiles von einer Kammer zur andern. Befindet es sich z. B. in Kammer „7" —, so werden aus der im Durchmesser gegenüberliegenden Kammer „1" fertig gebrannte Steine herausgenommen, während in die rückwärtsliegende Kammer „12" frische Steine — etwa am Tage vorher — eingesetzt sind. Die Kammern 1—12 stehen in durchgehender Verbindung, nur zwischen 12 und 1 ist die Wand geschlossen, durch einen bestens verschmierten Eisenschieber, durch eine leichte, provisorische Wand oder dergl. Ferner sind alle Ableitungen der Kammern nach dem Rauchsammler bis auf die aus Kammer 12 einmündende geschlossen, desgleichen alle Eingangstore der Kammern bis auf die von Kammer 1, die offen steht. In den Kammern 1—6 befinden sich in den vorangegangenen Tagen nacheinander fertig gebrannte und jetzt allmählich abkühlende Steine, während — wie vorerwähnt — in Kammer 7 gerade das Feuer brennt und in den weiter folgenden Kammern 8—12 sich Steine befinden, die allmählich geschmaucht, also vorgetrocknet worden sind und nach Fortschreiten des Feuers nacheinander gebrannt werden sollen.

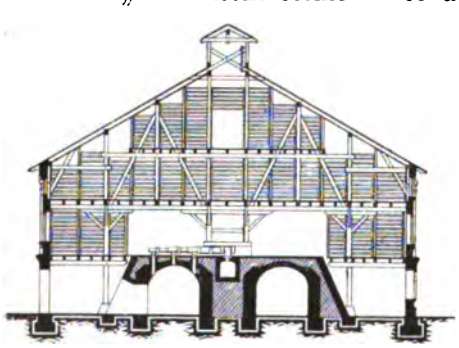


Abb. 98c.

Die bei der Eingangstür 1 einströmende Luft geht durch den Ofenkanal hindurch zum Feuer, und von diesem mit den Brenngasen vermengt durch den Schieber bei 12 in den Rauchsammler; hierbei erwärmt sich die Luft auf dem Wege 1—6 an den fertig

gebrannten heißen Steinen, die sie selbst abkühlt, und zwar um so mehr, je näher sie dem Ausgang liegen, also je näher auch für die Steine der Zeitpunkt rückt, an dem sie herausgenommen werden. Die somit bereits erheblich vorgewärmte Luft kommt zum Feuer, verstärkt hier die Wirkung dieses und kühlt sich auf dem Wege 7—12 wieder erheblich ab, namentlich im letzten Teile dieses, hierbei die frisch eingesetzten bezw. schon einige Tage stehenden Steine vortrocknend, sodaß die Brennzeit abgekürzt wird. Nach 12—24 Stunden ist die Abteilung 7 gar gebrannt, das Feuer gelangt nach 8, aus 2 werden die fertigen Steine herausgenommen, in 1 neue eingestellt; die Trennungswand zwischen 1 und 12 wird geöffnet, zwischen 1 und 2 ein Abschluß eingebaut und schließlich die Zuleitung 12 zum Kanal geschlossen und die in Kammer 1 geöffnet. Auf diese Weise vollzieht sich der Betrieb in vollkommen regelmäßiger und kontinuierlicher Weise unter bester Ausnutzung des Brennmaterials und der von den fertigen Steinen selbst zur Verfügung gestellten Wärmequelle.

Die Befeuerung des Ofens erfolgt — abgesehen zunächst von einer Gasfeuerung — durch Einwerfen von Brennmaterial — Kohlengruß — durch die lotrechten Schüröffnungen im Gewölbe der Brennkammern, welche nur zu diesem Zwecke zu öffnen sind.

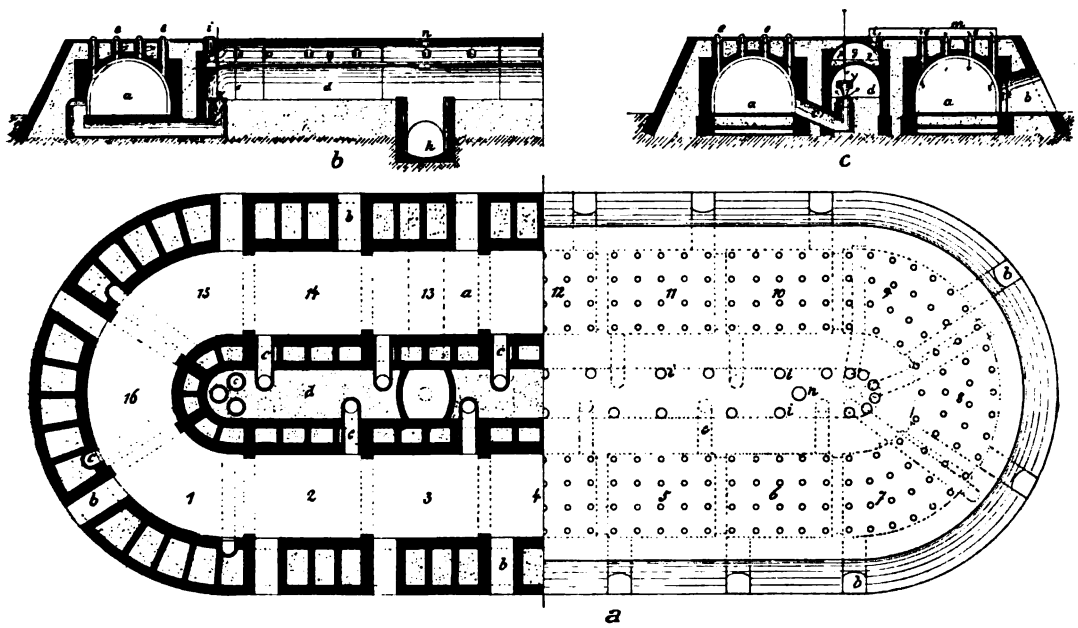


Abb. 99 a—c.

Einen neuen, genau den vorerwähnten Grundsätzen angepaßten Ringofen zeigen die Abb. 99a—c[1]); neben der länglichen Grundrißform unterscheidet sich die Anlage vor allem durch die besonderen, vom eigentlichen Ofenbetrieb abzuzweigenden Schmauchkammern, die nicht von den unmittelbaren Feuergasen durchströmt werden, sondern ihre heiße Trockenluft unter Vermittlung eines besonderen Schmauch-Sammelkanals erhalten, und somit zum Vortrocknen und Brennen wertvollerer Steine, Verblender, Terrakotten usw. besonders geeignet sind.

In den Abb. bezeichnet a den Brennkanal, der in 16 Kammern eingeteilt ist; b sind die Einkarrtüren, c die Rauchkanäle, die durch Ventile gegenüber dem Rauch-

[1]) Nach dem Handbuch der Ziegelfabrikation von R. Dümmler, S. 351.

sammler d abzuschließen sind; der Brennstoff wird durch die Öffnungen e eingeschüttet; g stellt den obenerwähnten Schmauchkanal dar, welcher warme Luft aus den abkühlenden Kammern erhält und diese nach den zeitweise vom Ofenbetriebe abgesonderten Schmauchkammern abgibt. Die Rauchgase gelangen unter Vermittlung des unterirdischen Kanals h[1]) nach dem Schornstein, der außerhalb des Ringofens stehend, auch — bei genügender Größe — mehreren solcher gemeinsam dienen kann.

Als Abarten des Ringofens sind zu nennen:

α) Der Bocksche Erdringofen (DRP. 107945) Abb. 100[2]), ohne Gewölbe, im Grundzuge sonst dem Ringofen angepaßt und so tief in die Erde hineingebaut, daß die gerade, nach Einsetzung der Steine erst aufgebaute und auf diese gestützte Ofendecke[3]) mit der Geländefläche eine Ebene bildet[4]). Der Brennkanal ist verhältnismäßig niedrig, die Rauchabführung erfolgt in einem, im Gebäude liegenden Kanal von dem oberen Teile der Kammern aus; hierdurch ist ein guter Garbrand auch der hochgelegenen Steine gesichert.

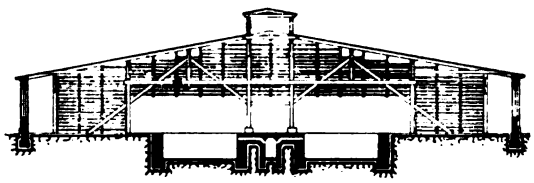


Abb. 100.

β) Der Zickzackofen, der eine sehr gute Raumausnützung durch eine zickzackartige Führung der Heizgase in eng aneinander gelegenen, länglichen Kammern gestattet. Hier sind in einem rechteckigen Grundrisse die einzelnen Kammern vereinigt, in der Längsrichtung in zwei Reihen nebeneinander geschaltet; die Eingangstüren sind in der Längsseite angeordnet.

γ) Kammerringöfen, d. s. Öfen, aus einer Anzahl von länglichen, aneinanderschließenden Kammern bestehend; letztere sind nach dem Grundsatz des Ringofens mit-

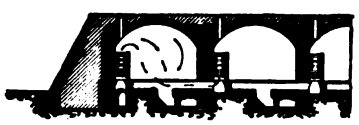


Abb. 101 a.

Abb. 101 b.

einander verbunden; ihre Wölbkappen werden von den Trennungswänden der Kammern getragen. Die Öfen können — System Bock — mit einseitig oder zweiseitig überschlagender Flamme gebaut werden — Abb. 101 a und b. In den Kammern befinden sich „Feuerständer", die, einen Rost umschließend, so beschaffen sind, daß die von der vorangehenden, in Glut stehenden Kammer von unten zuströmende, heiße Luft das auf den Rosten liegende Brennmaterial allseitig umspült und vergast. Die Beschickung des Ofens erfolgt wie bei einem gewöhnlichen Ringofen.

δ) Der mehrschenklige Ringofen — für Massenerzeugung besonders geeignet, — vgl. Abb. 102, einen dreischenkligen Eckardtschen Ringofen darstellend, und zwar

[1]) Hier findet also eine untere Ableitung der Rauchgase statt. Daneben gibt es auch Öfen mit hochliegendem Rauchkanal und oberem Abzug der Heizgase, besonders günstig für ein gutes Garbrennen auch der obersten Schichten der eingesetzten Steine.

[2]) Die Abbildung stellt den Ofen in Verbindung mit einer Trockenanlage im Querschnitte dar.

[3]) In diese Decke werden nach vorangegangener Aussparung usw. Heizdeckel zum späteren Einwerfen der Feuerung eingesetzt.

[4]) Naturgemäß nur bei günstigem Grundwasserstand; sonst kann der Ofen auch aus der Erde heraustreten.

mit 3 Feuerstellen; der Vorteil der Anordnung, die eigentlich aus 3 aneinander gekuppelten Ringöfen besteht, liegt in der guten Ausnützung des Grundrisses und dem verhältnismäßig billigen Bau.

Wird der Ringofen mit **Generatorgas** befeuert, so ist es für den Betrieb vorteilhaft, daß zur Erzielung hoher Temperaturen und zum Brennen feiner Ziegelwaren geringwertige Brennstoffe Verwendung finden können, daß das Brenngut selbst in keiner Weise verunreinigt wird und die Anzahl der Arbeitskräfte wegen der, nur eine Feuerstelle mit einfachster Bedienung darstellenden Generatoranlage (gegenüber der dauernd wechselnden Feuerstelle bei normaler Beheizung) vermindert werden.

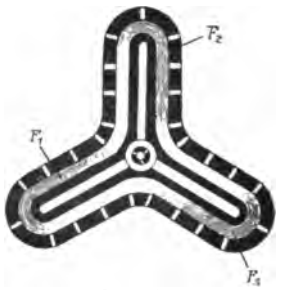


Abb. 102.

Die Zuleitung des Gases erfolgt vielfach in der Art, daß um den Ringofen herum, bezw. in dessen Mauerwerk eingebettet, ein Hauptzuleitungs-Gaskanal liegt, von dem aus unter jeder Kammersohle ein Querkanal ausgeht, an den eine Anzahl senkrecht stehender aus Chamotte hergestellter und mit seitlichen offenen Fugen oder Schlitzen versehene Heizrohre anschließen; aus ihnen strömt das Gas in den Brennraum, sich hierbei mit der Brennluft der bereits gargebrannten vorangehenden, noch glühenden Kammer mengend.

g) Die Muffelöfen verhindern eine unmittelbare Berührung des Feuers mit dem Brenngut. Dies geschieht bei kleineren Waren, z. B. Mosaikplatten in der Art,

Abb. 103.

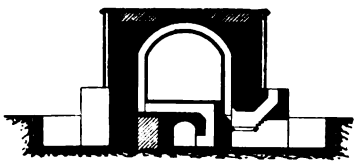


Abb. 104.

daß man einzelne Stücke in verschließbare Kapseln einbringt und eine Anzahl von diesen im Ofenraum aufstapelt, während bei größeren Stücken „Muffeln“ angewendet werden; diese beruhen darauf, daß man aus gebrannten Steinen stützende Wände für dauernden oder zeitweisen Gebrauch errichtet, in deren Inneres von einer verschließbaren Öffnung aus die Waren eingebaut werden. Während hierbei alle vorerwähnten Ofenarten Verwendung finden können, vgl. z. B. Abb. 103, einen Muffelringofen ohne Gewölbe darstellend, baut man für Massenerzeugung bzw. dauernde Benützung besondere Muffelöfen, bei denen — Abb. 104 — die Heizgase von einer Rostfeuerung, bzw. einer Gaszuleitung aus, die Außenfläche der Muffel allseitig umspülen, um schließlich in einen nahe der Einströmungsstelle gelegenen, von ihr aber vollkommen abgeschlossenen Rauchsammelkanal abzuziehen.

§ 56. Das Graufärben, Engobieren und Glasieren der Ziegelwaren.

Die matte graublaue Färbung, welche manche Ziegel, namentlich Dachsteine, aufweisen, wird durch einen besonderen Prozeß — das „Dämpfen" bewirkt, weshalb man auch von gedämpften Steinen usw. spricht. Nach vollendetem Garbrand der Steine wird unter Abschluß aller Zu- und Ableitungen eine starke Rauchentwickelung im Ofen durch Einführung frischen grünen Laubes und Holzes oder flüssigen Kohlenwasserstoffes (Teer, Gasöl) bewirkt; das hierbei sich bildende Kohlenwasserstoffgas wird bei Berührung mit den glühenden Ziegeln zersetzt und Kohlenstoff als festhaftender, graphitartiger, unwandelbarer Überzug hier niedergeschlagen und zugleich das den Stein sonst entfärbende Eisenoxyd in die schwärzliche Eisenoxydul-Verbindung übergeführt; dem entsprechend zeigen die Steine nach dem Erkalten eine blaue Farbe mit silbrigem Anflug. Der Vorgang beruht — neben der reduzierenden Wirkung der Flamme auf das Eisen — darauf, daß, wenn eine kohlenstoffreiche Flamme bei Sauerstoffmangel bis unter die Verbrennungstemperatur abgekühlt wird, sich Kohlenstoff in fein verteilter Form als Rauch und Ruß abscheidet; da das frische grüne Holz zu seiner Überführung in Gasform sehr erhebliche Wärmemengen aufbraucht, so ist hierdurch der notwendige Temperaturherabgang bedingt.

Für das Dämpfen von Falzziegeln ist der dem Cassler Ofen ähnliche Bocksche Blaudämpfungsofen vielfach verwendet.

In ähnlicher Weise können einfarbige dunkle Fußbodenplatten, die in Kapseln gebrannt werden, dadurch eine graphithaltige, gedämpfte Oberfläche erhalten, daß zwischen sie in die Kapseln während des Brennens fein gepulverte Kohle gestreut wird.

Das Dämpfen kann in beliebigen, gut abschließbaren Ofen ausgeführt werden; um den Ringofen zum Dämpfen zu verwenden, hat schon Hoffmann vorgeschlagen, einzelne Brennkammern der Quere oder Höhe nach durch Einbau von Wänden bzw. von besonderen Deckengewölben in zwei Abschnitte zu zerteilen und während einer dieser dem normalen Betriebe zur Verfügung steht, in dem anderen das Dämpfen vorzunehmen. — Naturgemäß lassen sich hier aber auch beide Teile, wenn ihre Ein- und Ausgänge geöffnet sind, zu dem Normalbetriebe heranziehen.

Unter dem „Engobieren" der Steine wird das Aufbringen eines oft von der Steinfarbe abweichenden, feinen und gleichmäßigen Tonüberzuges verstanden, der der Stein außen- bzw. Oberfläche ein matt geflossenes Aussehen mit wachsartigem Glanze verleiht und in erster Linie zur Verschönerung des Steins, daneben zur Erhaltung desselben dient. Hierbei ist darauf zu achten, daß, um Absprengungen und Risse zu verhindern, die feine Tonschicht und die Steinmasse genau gleiche Ausdehnungs- und Schwindungsmaße aufweisen. Wird die Engobenschicht auf den ungebrannten Stein aufgetragen, so ist gestellt auf die gleiche Garbrandtemperatur zur festen Verbindung von Scherben und Überzug zu achten; vielfach wird der Überzug auf den bereits fertig gebrannten, vorher durch Abbürsten oder Abstäuben zu reinigenden Stein aufgebracht und dieser nochmals bis zum Schmelzen der Engobenschicht in den Brennofen, gestellt.

Das Aufbringen der Schicht selbst erfolgt durch Übergießen oder Eintauchen, seltener durch Auftragen mit dem Pinsel (bei sehr dünnnr Schicht auch durch Aufblasen), wobei der Stein das Wasser begierig aufsaugt und der Engobeton sich in gleichmäßiger Schicht absetzt. Auch läßt sich — nach dem Verfahren von Pollack — die Engobe gleich bei der Formung des Tonstranges in der Art aufbringen, daß dieser in der betreffenden Fläche durch ein geripptes, in das Mundstück eingeführtes Blech mit Längsriefen versehen wird, die eine gleichmäßige Verteilung und gute Bindung des

Engobentons bewirken, der von einem oberhalb des Mundstückes angebrachten, mit Preßschnecke versehenen Gefäß gleichmäßig auf den Tonstrang herabfließt. —

Bei dem „Glasieren" der Tonwaren entsteht auf deren Oberfläche eine glänzende, glasartige, mehr oder weniger durchsichtige (bei Steinen meist undurchsichtige), in der Regel lebhaft gefärbte Oberflächenschicht, die vollkommen dicht und frei selbst von feinsten Rissen sein muß; hat doch die Erfahrung gezeigt, daß eine gesprungene Glasur die Zerstörung der Steinaußenfläche in hohem Grade unter der Einwirkung von Wasser und Frost befördert. Aus dem gleichen Grunde ist auch hier ganz besonders auf gleiches Schwind- und Dehnungsmaß von Stein und Glasurschicht zu achten. Hat die Glasur eine kleinere Ausdehnungszahl als der Stein, so werden in ersterer Druckspannungen eintreten, die ein Abplatzen von Teilen der Deckschicht zur Folge haben werden, während bei stärkerer Ausdehnung der Deckschicht gegenüber dem Stein in dieser Risse auftreten können.

Glasuren sind im allgemeinen künstliche Vereinigungen verschiedener Basen mit Kieselsäure, oder an deren Stelle Borsäure und als Farbenspender wirkenden Metalloxyden, welche, wie Gläser, in der Hitze schmelzen, sich mit der unter ihnen liegenden Tonmasse verbinden und diese undurchlässig und glänzend machen; durch einen Zusatz von Zinnoxyd, Bleioxyd, Antimonoxyd u. dergl. werden diese Gläser für die Steinglasur undurchsichtig gemacht, „Emaillen". Von Basen kommen in Frage die oxydischen Verbindungen (oder Salze) von Eisen, Zink, Aluminium, Barium, Kali, Natrium, Kalk, Magnesium, während als Färbemittel vielfach Benützung finden: Eisenoxyd (für rot, braun, gelb) Mangansuperoxyd (braun, violett), Kobaltoxyd (blau), Kupferoxyd (grün, blau), Nickeloxyd (braun), Uran (gelb), Chrom (grün), Spießglanz (gelb) usf.; auch lassen sich durch Mischung der einzelnen Oxyde beliebige Farbtönungen hervorrufen.

Die zu verwendenden Glasurmassen müssen eine sehr weitgehende Zerkleinerung ihrer Bestandteile zeigen. Da diese von sehr ungleicher Härte sind, so müssen manche von ihnen, z. B. der Quarzsand, für sich besonders gepulvert werden. Das Mischen der einzelnen Stoffe geschieht trocken; hierbei ist bei den giftigen Bleiglasuren auf Vermeidung von Staubbildung zu achten. Es folgt dann weiter zum Zwecke völliger Homogenisierung entweder gleich ein Feinmahlen der Mischung, und zwar auf nassem Wege, oder erst ein Zusammenschmelzen der einzelnen Bestandteile mit nachfolgendem Zermahlen und Schlämmen.

In der Regel bedingt ein jeder Ton auch besondere, oft durch ausgedehnte Versuche festzulegende Glasuren. — Ihr Aufbringen erfolgt seltener in Staubform auf die frisch geformten Steine, als durch Aufgießen der mit Wasser zu einer dünnflüssigen Masse vereinigten Glasurstoffe, vorwiegend auf die schon gebrannten Steine.

Die hellbraune, sehr dünne, aber sehr feste Glasur, welche z. B. die Tonrohre aufweisen, wird dadurch erzeugt, daß nach Erreichung der Gartemperatur Kochsalz in die Glut geschüttet wird; hier verdampft es und zersetzt sich mit den glühenden Waren unter Ausscheidung von Natrium auf der Oberfläche dieser, hierbei mit dem Ton eine sehr widerstandsfähige Glasur bildend.

Kapitel XVIII.

Die Ziegelwaren und ihre Eigenschaften.

§ 57. Mauersteine.

Hier kommen in Frage: a) Die gewöhnlichen normalen Mauersteine und die aus ihnen abgeleiteten Unterformen, b) poröse Steine, c) besondere Formsteine, d) Verblender aller Art und zugehörende Hohlsteine, e) Klinker, f) feuerfeste (Chamotte) Steine.

a) Die gewöhnlichen Mauersteine, auch Hintermauerungssteine genannt, haben fast in ganz Deutschland ein Normalformat von 25 . 12 . 6,5 cm; ihr Inhalt beträgt 1,95 cdcm, ihr Gewicht 2,7—3,1 kg, je nach dem zwischen 1,4 und 1,6 schwankenden Raumgewichte. Die Farbe ist je nach den Tonbeimengungen weißlich, grau, gelblich, bis ins tiefste Rot übergehend. Bei einer Stärke der Lagerfuge von 1,2 cm werden 13 Schichten auf 1 m Höhe gerechnet. Zur Umrechnung der Schichthöhen in Meter-Maß kann von der angefügten Tabelle a Gebrauch gemacht werden, während Tabelle b die Mauerlängen nach Köpfen in Metern berechnet.

Tabelle a.

Anzahl d. Schichten	Höhe in Metern	Anzahl d. Schichten	Höhe in Metern	Anzahl d. Schichten	Höhe in Metern	Anzahl d. Schichten	Höhe in Metern	Anzahl d. Schichten	Höhe in Metern	Anzahl d. Schichten	Höhe in Metern
1	0,077	26	2,002	51	3,927	76	5,852	101	7,777	126	9,702
2	0,154	27	2,079	52	4,004	77	5,929	102	7,854	127	9,779
3	0,231	28	2,156	53	4,081	78	6,006	103	7,931	128	9,856
4	0,308	29	2.233	54	4,158	79	6,083	104	8,008	129	9,933
5	0,385	30	2,310	55	4,235	80	6,160	105	8,085	130	10,010
6	0,462	31	2,387	56	4,312	81	6,237	106	8,162	131	10,087
7	0,539	32	2,464	57	4,389	82	6,314	107	8,239	132	10,164
8	0,616	33	2,541	58	4,466	83	6,391	108	8,316	133	10,241
9	0,693	34	2,618	59	4,543	84	6,468	109	8.393	134	10,318
10	0,770	35	2,695	60	4,620	85	6,545	110	8,470	135	10.395
11	0,847	36	2,772	61	4,697	86	6,622	111	8,547	136	10,472
12	0,924	37	2,849	62	4,774	87	6,699	112	8,624	137	10,549
13	1,001	38	2,926	63	4,851	88	6,776	113	8,701	138	10,626
14	1,078	39	3,003	64	4,928	89	6,853	114	8,778	139	10,703
15	1,155	40	3,080	65	5,005	90	6,930	115	8,855	140	10,780
16	1,232	41	3,157	66	5,082	91	7,007	116	8,932	141	10,857
17	1,309	42	3,234	67	5,159	92	7,084	117	9,009	142	10,934
18	1,386	43	3,311	68	5,236	93	7,161	118	9,086	143	11,011
19	1,463	44	3,388	69	5,313	94	7,238	119	9,163	144	11,088
20	1,540	45	3,465	70	5,390	95	7,315	120	9,240	145	11,161
21	1,617	46	3,542	71	5,467	96	7,392	121	9,317	146	11,238
22	1,694	47	3,619	72	5,544	97	7,469	122	9,394	147	11,315
23	1,771	48	3,696	73	5,621	98	7,546	123	9,471	148	11,392
24	1,848	49	3,773	74	5,698	99	7,623	124	9,548	149	11,469
25	1,925	50	3,850	75	5,775	100	7,000	125	9,628	150	11,546

Tabelle b.

Kopfzahl	Meter	Kopfzahl	Meter	Kopfzahl	Meter	Kopfzahl	Meter	Kopfzahl	Meter	Kopfzahl	Meter
1	0,12	21	2,72	41	5,32	61	7,92	81	10,52	101	13,12
2	0,25	22	2,85	42	5,45	62	8,05	82	10,65	102	13,25
3	0,38	23	2,98	43	5,58	63	8,18	83	10,78	103	13,38
4	0,51	24	3,11	44	5,71	64	8,31	84	10,91	104	13,51
5	0,64	25	3,24	45	5,84	65	8,44	85	11,04	105	13,64
6	0,77	26	3,37	46	5,97	66	8,57	86	11,17	106	13,77
7	0,90	27	3,50	47	6,10	67	8,70	87	11,30	107	13,90
8	1,03	28	3,63	48	6,23	68	8,83	88	11,43	108	14,03
9	1,16	29	3,76	49	6,36	69	8,96	89	11,56	109	14,16
10	1,29	30	3,89	50	6,49	70	9,09	90	11,69	110	14,29
11	1,42	31	4,02	51	6,62	71	9,22	91	11,82	111	14,42
12	1,55	32	4,15	52	6,75	72	9,35	92	11,95	112	14,55
13	1,68	33	4,28	53	6,88	73	9,48	93	12,08	113	14,68
14	1,81	34	4,41	54	7,01	74	9.61	94	12,21	114	14,81
15	1,94	35	4,54	55	7,14	75	9,74	95	12,34	115	14,94
16	2,07	36	4,67	56	7,27	76	9,87	96	12,47	116	15,07
17	2,20	37	4,80	57	7,40	77	10,00	97	12,60	117	15,20
18	2,33	38	4,93	58	7,53	78	10,13	98	12,73	118	15,33
19	2,46	39	5,06	59	7,66	79	10,26	99	12,86	119	15,46
20	2,59	40	5,19	60	7,80	80	10,39	100	12,99	120	15,59

Für 1 cbm aufgehendes Mauerwerk sind 400 Ziegel, für 1 cbm Gewölbe 415 Steine erforderlich. 1000 Ziegel verlangen 0,55—0,70 cbm oder 1 cbm volles Mauerwerk i. M. 0,28 cbm Mörtel. Das Gewicht eines cbm Mauerwerk beträgt etwa 1600 kg. 1 m Rollschicht verlangt 13 Ziegel und 0,01 cbm Mörtel; 1 qm flachverlegtes Ziegelpflaster erfordert 30, bei Hochkantlage 50 Ziegel. Über das Gewicht von 1 qm verschieden starker Mauern in Normalsteinen, einschließlich eines beiderseitigen Putzes von je 1,5 cm und die erforderlichen Materialmengen gibt nachfolgende Zusammenstellung Auskunft.

Wandstärke		Erforderlich sind		Gewicht	Für 1 cbm Mauer werden an Ziegeln gebraucht
Stein	cm	an Ziegeln Stück	an Mörtel cbm	kg	
½	12	50	0,035	250	417
1	25	100	0,070	450	400
1½	38	150	0,105	650	395
2	51	200	0,140	850	392
2½	64	250	0,175	1050	391
3	77	300	0,210	1250	390
3½	90	350	0,245	1450	389
4	103	400	0,280	1650	388

1 cbm gewöhnliches Ziegelmauerwerk verlangt etwa 1,2 Tagesschichten eines Maurers und eines Handlangers; hieraus ergeben sich unter Einführung der ortsüblichen Löhne die Herstellungskosten.

Außer dem Normalformate kommen neben diesem in Nordwestdeutschland noch die folgenden Formate vor:

22,0 . 20,5 . 5,0 cm (Oldenburger Format).
23,0 . 11,0 . 5,5 cm (Kieler Format).
20,0 . 20,0 . 5,0 cm
21,5 . 9,5 . 5,3 cm } (Hamburger Format).
22,0 . 10,5 . 5,6 cm

In Bayern:

32—34 . 16—16,2 . 6,0—6,7 cm,

in Württemberg:

30,0 . 14,3 . 7,2 cm,

in Baden:

27,0 . 13,5 . 6,0 cm.

Daneben wird in neuerer Zeit für Monumentalbauten das früher vielfach verwendete Klosterformat bevorzugt, mit Abmessungen von 28,5 . 13,5 . 8,5 cm und Stoß- wie Lagerfugen von je 1,5 cm Stärke d. h. 10 Schichten auf ein Höhenmeter.

Das österreichische Normalformat ist: 29,0 . 14,0 . 6,5 cm mit einem Inhalt von: 2,64 cbdcm und 4,0—5,3 kg Gewicht. Auf 1 cbm aufgehendes Mauerwerk sind hiervon 300, auf 1 cbm Gewölbemauerwerk 360 Steine zu rechnen.

Wird die Länge des normalen Ziegelsteines mit l, seine Breite mit b, seine Stärke mit d bezeichnet, so findet seine Form als Ganz- oder Vollstein in dem Ausdrucke (l . b . d) ihre Bezeichnung. In gleichem Sinne erklären sich bei Teilung des Normalsteines die Benennungen:

$$\text{Dreiquartier} = \frac{3}{4}\,\text{l . b . d .} — \text{Dreiviertelstein}$$

$$\text{Zweiquartier} = \frac{1}{2}\,\text{l . b . d .} — \text{halber Stein}$$

$$\text{Einquartier} = \frac{1}{4}\,\text{l . b . d .} — \text{Viertelstein}$$

$$\text{Riemchen oder Längsquartier} = \text{l}\,\frac{\text{b}}{2}\cdot\text{d}$$

$$\text{Dreiviertelriemchen} = \frac{3}{4}\,\text{l} . \frac{\text{b}}{2}\cdot\text{d}.$$

Ein guter Stein soll hell klingen, frei von Kalk-, Steinstückchen und sonstigen groben Verunreinigungen sein, ebene Flächen und gerade Kanten zeigen, einen gleichmäßig feinkörnigen Bruch aufweisen, weniger als 16% seines Gewichts an Wasser aufnehmen, schnell austrocknen, bei atmosphärischen Einflüssen weder abblättern noch ausblühen, auch nicht vom Feuer zerstört werden usf. Nicht selten werden mehrere Klassen gewöhnlicher Ziegel unterschieden; hierbei werden in Klasse I nur solche gerechnet, deren Abmessungen gegenüber dem Normalformat für die Länge um < 1 cm, für die Höhe und Breite um $< 1/2$ cm abweichen, und bei denen weniger als 12% abweichende Steine in der gesamten Masse sich finden.

Die Druckfestigkeit der Steine soll > 200 kg/qcm sein; vielfach werden auch nach der Festigkeit drei Klassen unterschieden:

Klasse I Druckfestigkeit = 150—200 kg/qcm (Schwachbrandsteine)
„ II „ = 200—300 „ (Mittelbrandsteine)
„ III „ > 300 „ (Hartbrandsteine, fälschlich auch Klinker genannt).

Klasse III ist namentlich an, der Feuchtigkeit ausgesetzten Stellen oder bei stark belasteten Mauern, Gewölben, Pfeilern, im Ingenieurbau bei Wasser-, Brücken- und Tiefbauten zu verwenden, während Klasse II ein zweckmäßiges Material für Umfassungsmauern, Balken tragende Wände, Brandmauern, Decken, Gewölbe und Pfeiler mittlerer Belastung usf. darstellt, und Klasse I sich für Ausführung von leichten Zwischenmauern, überhaupt gering belasteten Bauteilen eignet.

b) Poröse Steine — Luftziegel — und Hohlsteine. Zur Gewichtsverminderung der Steine werden dem Tone leichte Stoffe zugefügt, welche beim Brennen von den Feuergasen verzehrt werden und über den Steinquerschnitt gleichmäßig verteilte Poren zurücklassen; als derartige Zusatzstoffe kommen in Frage: Lohe, Sägespäne, Braun- oder Steinkohlengruß Torfmull u. a. m. Besitzt der Stein nach dem Brande etwa 50% Hohlräume, so wiegt er im deutschen Normalformat rund 2,0 kg. Die Steine haben etwa die halbe Tragkraft (bis 60%) gleich guter Schwachbrandnormalsteine; sie sind, obwohl sie wegen ihres Porenreichtums ein besonders hygienisches und die Wärme schlecht leitendes Baumaterial darstellen, wegen ihrer Wasseraufsaugung nicht überall verwendbar; auch zeigen sie, der Witterung ausgesetzt, leicht Ausblühungen, in der Regel aus Alkalikarbonaten bestehend; sie sind demgemäß an Außenflächen nur in Verbindung mit einem schützenden Zementputze zu verwenden.

In noch höherem Grade dienen zur Gewichtsverminderung Hohlsteine, welche, ebenso wie bei den später zu behandelnden Verblendern, auch bei den gewöhnlichen Normalsteinen vorkommen und nebenbei den Vorteil eines schnellen Austrocknens der Mauer gewähren. Die prismatischen, seltener zylindrischen Aussparungen, verlaufen hier sowohl der Länge nach (Läufer), als auch nach der Quere (Binder) und nur bei Ecksteinen zwischen den Lagerflächen[1]). Die Wandstärke soll, wenn es sich nicht gerade um ganz wenig belastete, sehr leichte Mauern handelt > 1 cm, besser 2—2,5 cm betragen. 1 cbm dünnwandiger Steine wiegt etwa 1000, dickwandiger 1200 kg, der einzelne Stein rund 2,0—2,4 kg.

Über die Hohlsteine zur Herstellung ebener Steindecken vgl. die Mitteilungen unter c) — besondere Formsteine —.

c) Als besondere Formsteine, die den unter a) genannten Steinen nahe stehen, sind zu nennen: Pfeilersteine, Abb. 105a—b, Gewölbesteine, Abb. 106, Brunnensteine, namentlich bei den Bauten des städtischen Tiefbaus verwendet, Abb. 107, im Grundriß keilförmig zulaufend, Kaminsteine, Abb. 108—113, teils massiv, teils mit Hohlräumen versehen, Hohlpfeilersteine, auch zu Ummantelungen von Eisensäulen verwendbar, Abb. 114ab, Steine zur Herstellung dünner Wände, bzw. zur Ausfachung von Holzgerippen und dergl., Abb. 115, ferner die verschiedensten Steinformen zur Erzeugung ebener Decken, die heute zu mehr als hundert verschiedenen Bauweisen führen und naturgemäß in ihrer Gesamtheit hier nicht erwähnt werden können; entweder sind sie derartig geformt, daß sie — und zwar lauter gleichartige Steine — durch Nuten und

[1]) Bei dieser Anordnung der Öffnungen würde bei allgemeiner Durchführung ein starker Mörtelverlust und ein ungleichmäßiges Setzen des Mauerwerkes eintreten, da hier der Mörtel in die Aussparungen des Steines hineindringt.

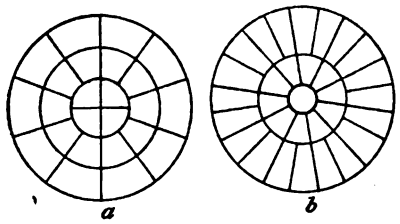


Abb. 105 a u. b.

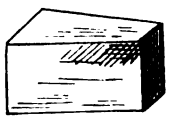


Abb. 106.

Abb. 107.

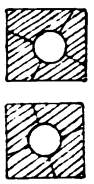


Abb. 108.

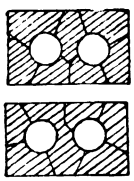


Abb. 109.

Abb. 110.

Abb. 111.

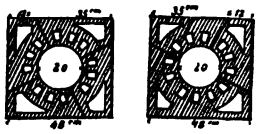


Abb. 112 a u. b.

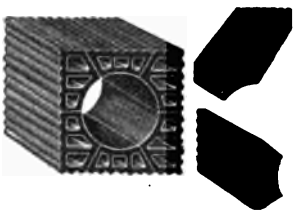


Abb. 113 a—c.

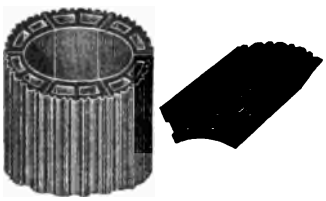


Abb. 114 a u. b.

Abb. 115.

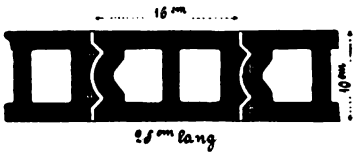


Abb. 116.

Abb. 117.

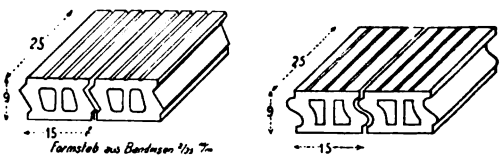


Abb. 118 a u. b.

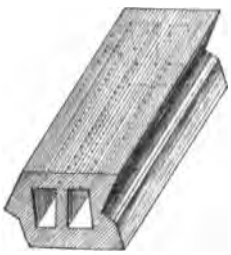


Abb. 119.

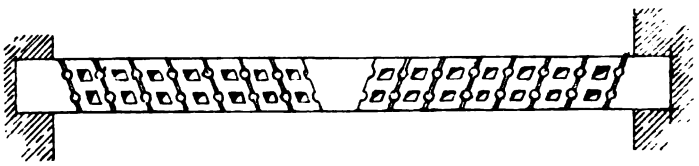
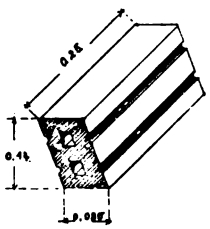
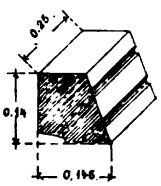


Abb. 120 a.





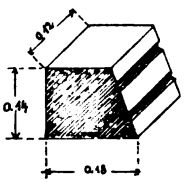


Abb. 120 b—d.

Abb. 121.

Federn sich gegenseitig festhalten und eine scheitrechte Decke bilden, z. B. Abb. 116 (System Mesch), Abb. 117 (Albrecht), Abb. 118a[1]) und b (Körting), Abb. 119 (Förstersche Decke) usw., oder daß ein Teil der Steine keilförmig bzw. rhombisch ist, die Steine selbst also verschiedene Gestaltung haben, Abb. 120a—d (Puldas Decke), Abb. 121 (System der Ullersdorfer Tonwerke)[2]), Abb. 122 (Wingensche Decke) u. a. m. Hierher gehören auch die Hourdi-Steine, Abb. 123—126, welche aus einzelnen, meist 20—30 cm breiten, festen, schräg abgeschnittenen Ziegelbalken bestehen und zur Bildung einfacher, gut tragfähiger und billiger sowie hygienisch wertvoller, ebener Decken dienen; hierbei können die einzelnen plattenförmigen Steine mit der Schräge nach unten, aber auch nach oben gekehrt Anwendung finden, Abb. 124 u. 125 bzw. Abb. 126; während sie sich im ersten Falle gegen besondere, dem Träger angepaßte, einfache oder kastenförmige Anfänger lehnen, liegt im zweiten Falle der Hourdi unmittelbar auf den Trägerflächen auf, nach oben oft (zweckmäßig)[3]) durch eine Betonüberdeckung verstärkt.

Hierher gehört auch die Gruppe der zur Deckenbildung in Ställen benutzbaren „Stallsteine“ Abb. 127—128, sowie in einem gewissen Sinne auch — Abb. 129 — die patentamtlich geschützten Drahtziegel von P. Stauß und H. Ruff zu Kottbus, welche kleine, fest auf ein Drahtnetz gepreßte und durch Brennen gefestigte, kreuzförmige Tonkörper zeigt, die zur Ummantelung eiserner Träger — als hervorragender Feuerschutz, als feuerfester Deckenputz sowie zur Konstruktion feuersicherer Decken, Wände, Gewölbe, Fußböden usw. eine ausgebreitete Anwendung finden und zwar ebenso einfach an Holz- wie an Eisenteilen angeschlossen werden können..

---

1) Bei der Deckenausbildung in Abb. 118a ist eine Eiseneinlage aus, der Steinform angepaßten Bandeisen vorhanden.

2) Haben alle Steine bis auf die Kämpfersteine die gleiche Keilform, so entsteht ein normales Gewölbe.

3) Wie hoch die Tragfähigkeit guter Hourdis ist, mag daraus entnommen werden, daß die in Abb. 126b dargestellte Decke eine Bruchlast von 6741 kg für das qm bei einer Freilage der Hourdis von 0.90 m erreichte. Über die Zahl der Hourdis und Anfänger für 100 qm Deckenfläche, desgl. die den einzelnen Spannweiten der Trägerfelder entsprechenden Hourdi-Längen gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

Zahl der Hourdis und Anfänger für 100 qm Deckenfläche bei 25 cm Breite.

Spannweite der Trägerfelder	Gesamtlänge der Felder	Decken ohne Anfänger		Decken mit Anfänger		
		Hourdis		Länge der Hourdis	Zahl der	
		Länge	Zahl		Hourdis	Anfänger
m	m	m		m		
0,50	200,00	0,50	800	0,40	800	2000
0,55	182,90	0,55	728	0,45	720	1820
0,60	166,75	0,60	667	0,50	667	1668
0,65	154,00	0,65	616	0,55	616	1540
0,70	143,00	0,70	572	0,60	572	1430
0,75	133,50	0,75	534	0,65	534	1336
0,80	125,00	0,80	500	0,70	500	1250
0,85	117,75	0,85	471	0,75	471	1178
0,90	111,25	0,90	445	0,80	445	1112
0,95	105,50	0,95	422	0,85	422	1056
1,00	100,00	1,00	400	0,90	400	1000
1,05	95,25	1,05	381	0,95	381	952
1,10	91,00	1,10	364	1,00	364	910

Abb. 122.

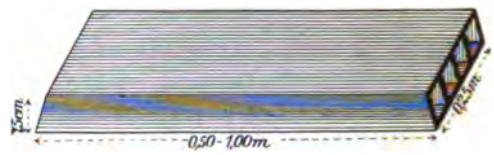


Abb. 123.

Abb. 124 a u. b.

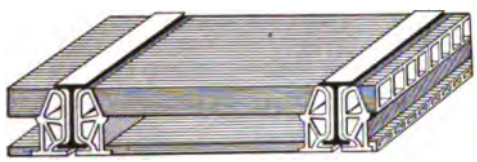


Abb. 125.

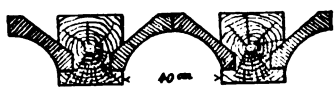


Abb. 127.

Abb. 126 a.

Abb. 128.

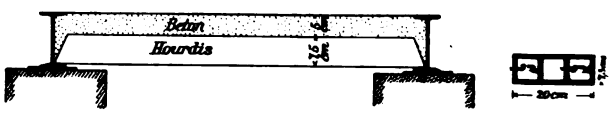


Abb. 126 b u. c.

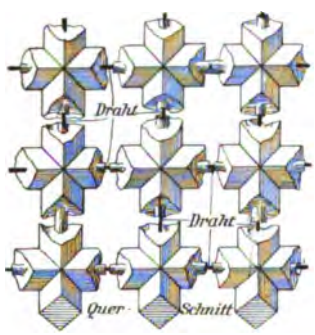


Abb. 129.

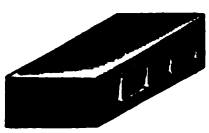


Abb. 130 a.

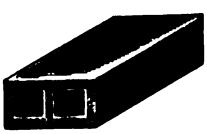


Abb. 131 a.

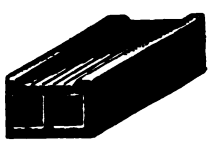


Abb. 132.

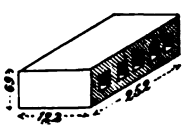


Abb. 130 b.

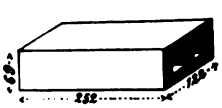


Abb. 131 b.

Abb. 133.

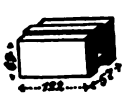


Abb. 134 a u. b.

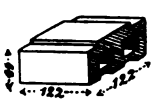
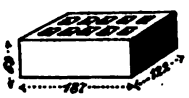


Abb. 135.

Abb. 136 a u. b.

Abb. 137 a u. b.



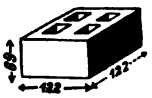


Abb. 138.

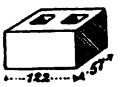


Abb. 139.

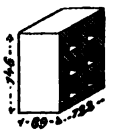


Abb. 140.

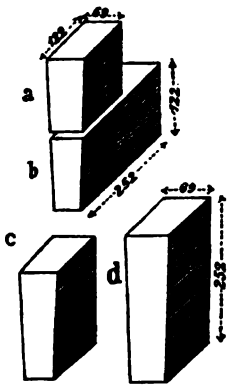


Abb. 141 a—d.

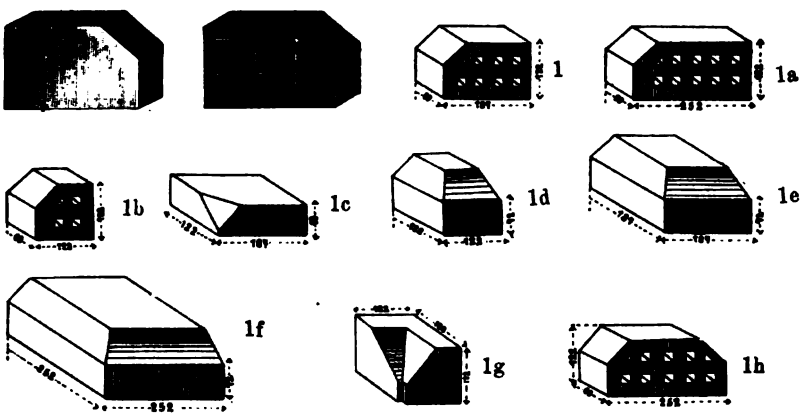


Abb. 142 a—l.

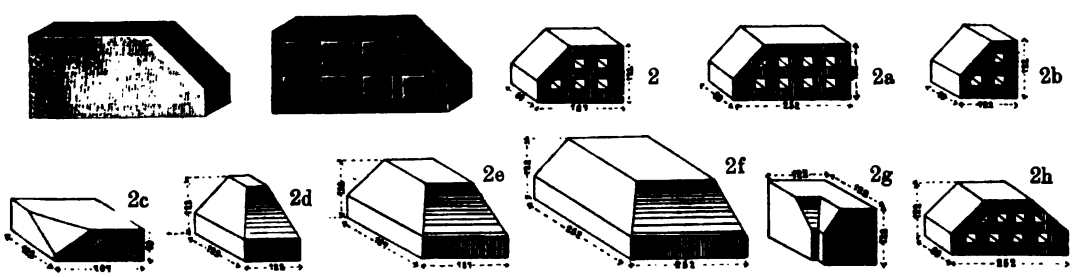


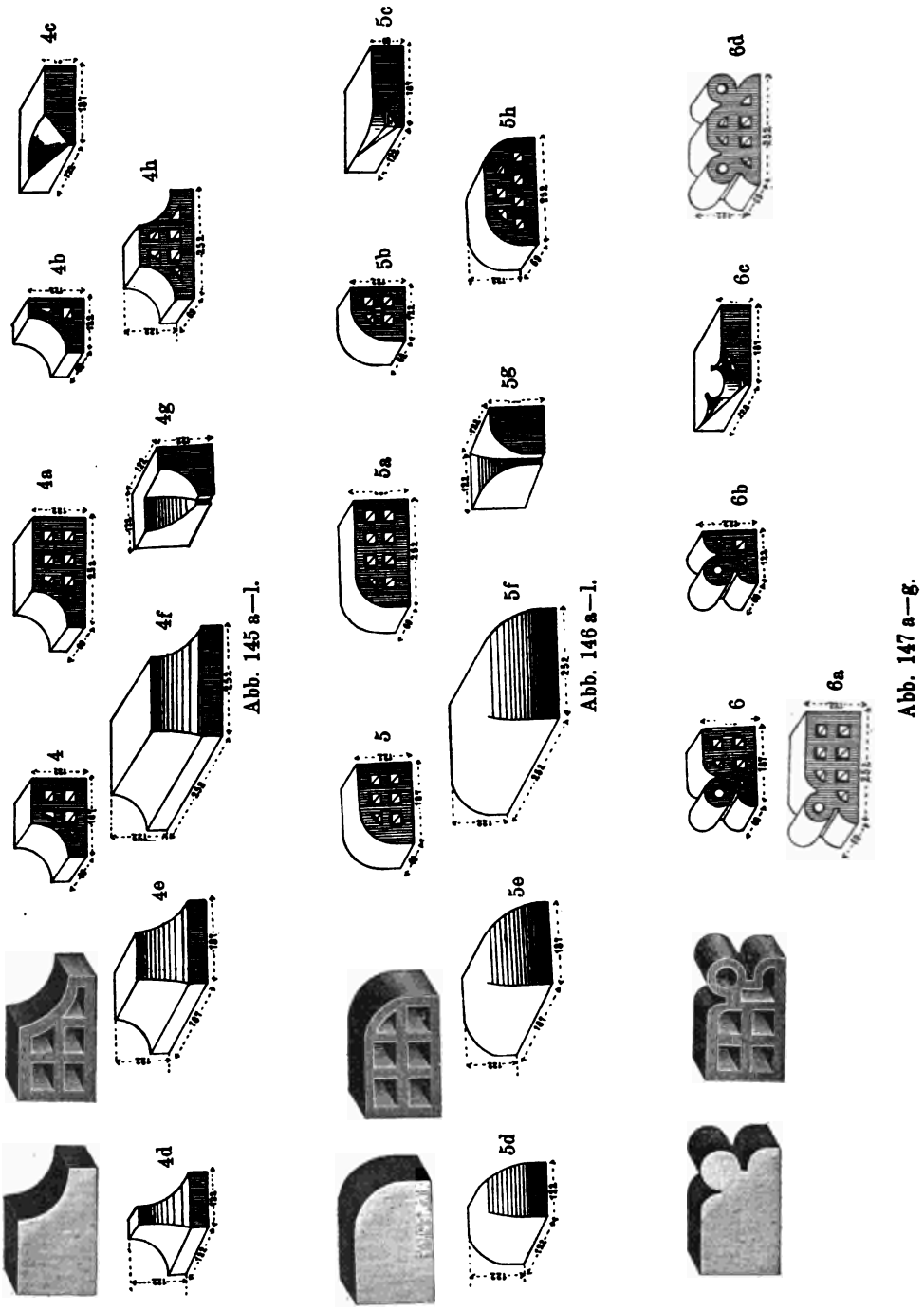
Abb. 143 a—l.

Abb. 144 a—d.

d) Verblender. Infolge des sehr gleichmäßigen und bestens vorbereiteten Tons und der sehr genauen Formung (gegebenenfalls durch Nachschneiden oder Nachpressen) sind Verblender Steine mit durchaus scharfen Kanten, geraden Ecken und ebenen Flächen, gleichmäßiger Färbung und recht regelmäßigen Größenabmessungen[1]); sie werden voll oder — zum Ersparen von Rohmaterial und Eigengewicht — hohl hergestellt, oft, zur Erzielung eines größeren Reibungswiderstandes, auf den Lagerflächen, mit Vertiefungen, Rillen und dergl. versehen. Da, dem Beschlusse des deutschen Vereins zur Fabrikation von Ziegeln zufolge, beim Vermauern alle Fugen eine gleiche Stärke von 8 mm aufweisen sollen, so ist es notwendig, um an die Normalziegel (vgl. unter a.) Anschluß

[1]) Bei guten Steinen sollen höchstens Abweichungen von $\pm$ 1 mm vorkommen.

zu gewinnen, die Abmessungen der Verblender bzw. ihrer Teilstücke diesen gegenüber zu vergrößern; demgemäß sind die normalen Abmessungen des ganzen Steines, vgl. Abb. 130 u. 131: 252 . 122 . 69 mm und entsprechend die Teilsteine bemessen, Abb. 133—139;



hier werden unterschieden bei Normalsteinen 1/2 (Kopf-), 1/4 (Riemchen-), 1/8 (Plättchen-) Steine, bei den Ecksteinen 4/4, 3/4, 1/2 und 1/4; ferner sind zu erwähnen, die Rollschichten-

Abb. 148 a—g.

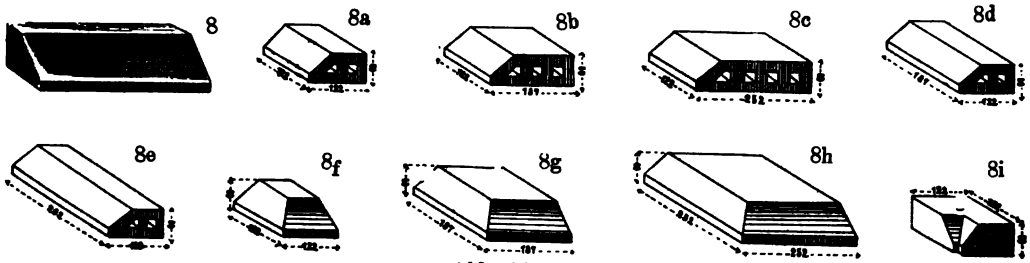


Abb. 149 a—k.

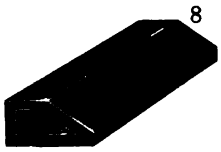


Abb. 149 l.

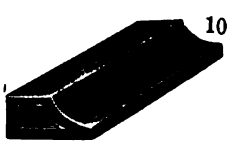


Abb. 151 a.

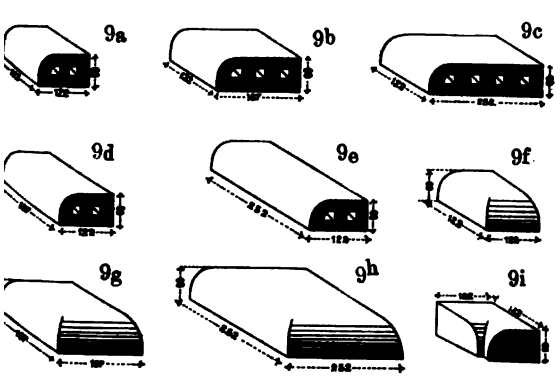


Abb. 150 a—i.

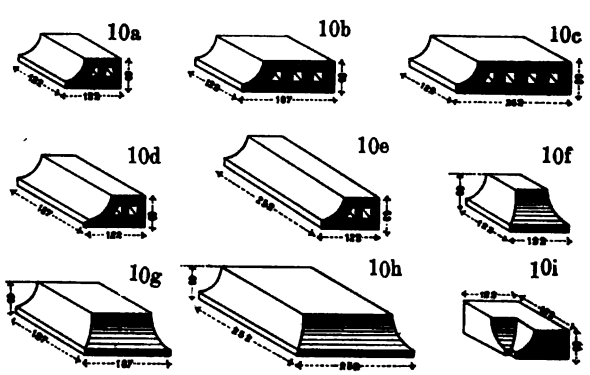
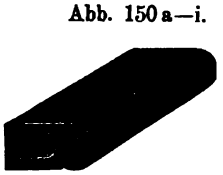


Abb. 151 a—k.



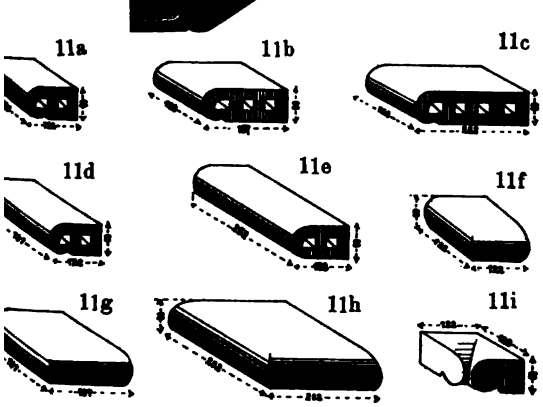
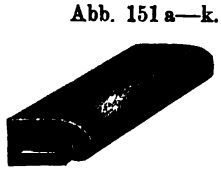


Abb. 152 a—k.



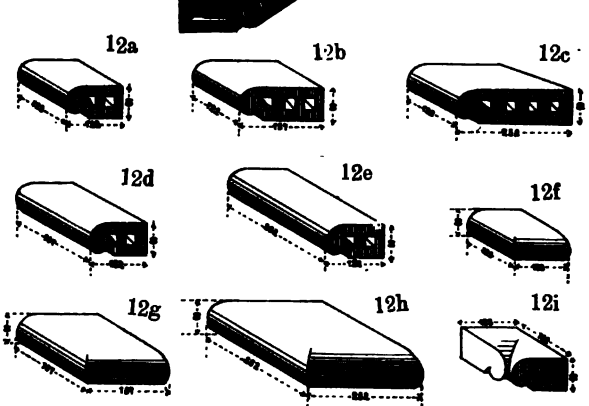


Abb. 153 a—k.

steine, Abb. 140, zwei Schichten hoch, sowie die normalen Keilsteine, Abb. 141 a—d, 1/2, 1/4, 3/4 und 4/4 Größe, und zwar keilförmig gestaltet sowohl nach der kleinen wie nach der großen Seitenfläche.

Für 1 qm Verblendung, aus ganzen und halben Steinen hochgeführt, werden 75 Stück Verblender und 0,052 cbm Mörtel gebraucht, desgl. aus Halben- und Viertelsteinen 50 Stück von jeder Art und 0,04 cbm Mörtel.

Weiter kommen hier in Frage die normalen deutschen Formsteine Nr. 1—12 sowie die zugehörenden Schräg- und Nasensteine, dargestellt in den Abb. 142—158 mit allen ihnen zugehörenden Normalformen. Es stellt dar:

Abb. 142 den kleinen Schmiegstein mit einer Abschneidung von 50 . 50 mm einschließlich der Steine für aus und einspringende Ecken und der zweiseitigen Abschneidung. (Form 1—1h).

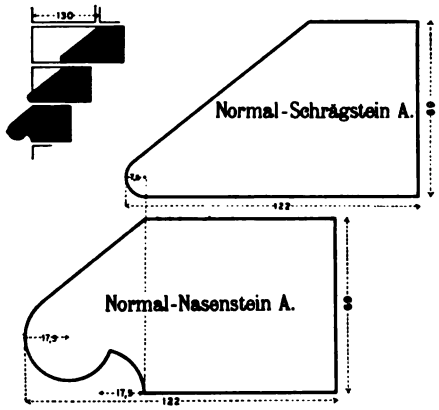


Abb. 154.

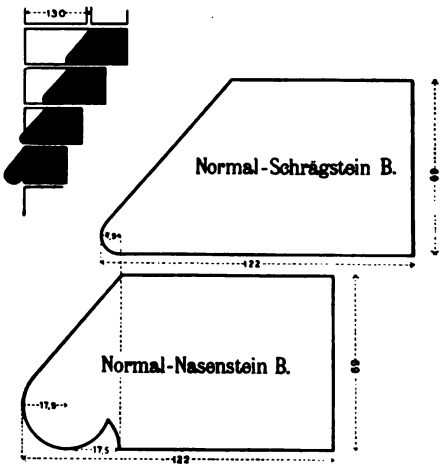


Abb. 155.

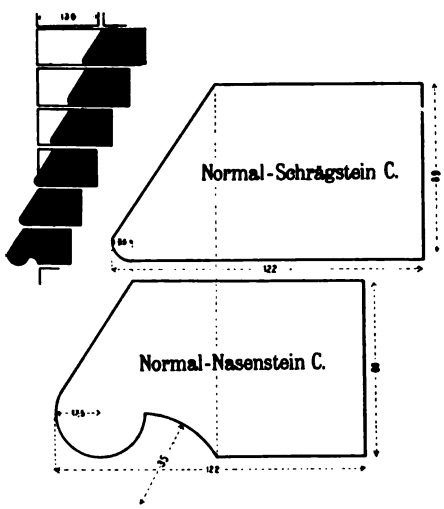


Abb. 156.

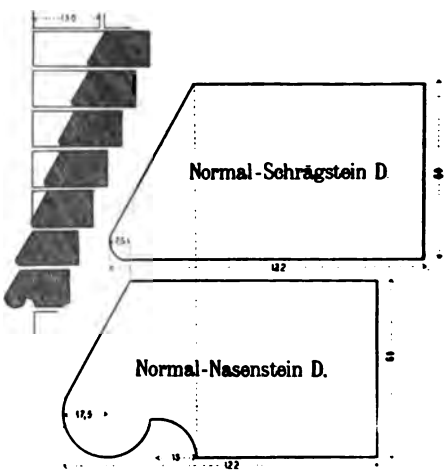


Abb. 157.

Abb. 143 desgl. den großen Schmiegstein mit 75 mm Eckfortnahme. (Form 2—2h).
Abb. 144 den Fünfeckstein. (Form 3—3a).
Abb. 145 den Hohlkehlstein. (Form 4—4h.)
Abb. 146 den Rundeckstein. (Form 5—5h).

Abb. 147 den Rundstabstein mit abgerundeten Ecken (Form 6—6 d).
Abb. 148 den Rundstabstein mit eingekehlten Ecken (Form 7—7 e).
Abb. 149 den Abwässerstein (Form 8 a—8 i).
Abb. 150 den Rundkantstein (Form 9 a—9 i).
Abb. 151 den Hohlkantstein (Form 10 a—10 i).
Abb. 152 den Wulststein (Form 11 a—11 i).
Abb. 153 den Wassernasenstein (Form 12 a—12 i).

Die in Abb. 154—158 dargestellten, zusammengehörenden Normalschrägsteine und Nasensteine A—E unterscheiden sich durch die immer steiler verlaufende Richtung der Abschrägung. Während bei Form A (Abb. 154) 2 Schichten um 130 mm zurückgehen, kommen bei B (Abb. 155) 3, bei C (Abb. 156) 4, bei D (Abb. 157) 5 und endlich bei E (Abb. 158) 6 Schichten in Frage; auch hier werden entsprechende Steine für ein- und ausspringende Ecken geliefert. —

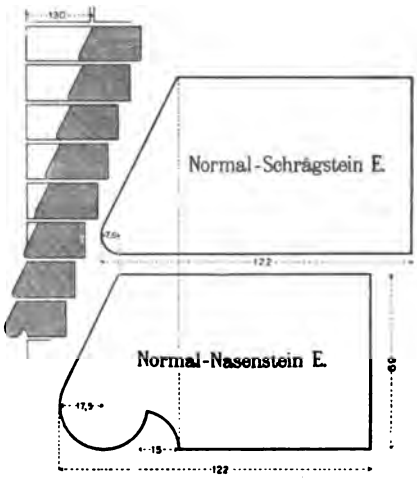


Abb. 158.

Neben diesen Normalsteinen gibt es naturgemäß noch eine sehr große Anzahl aller möglichen Form- und Profilsteine, die von den einzelnen Ziegelwerken in oft großer Verschiedenheit und Mannigfaltigkeit geliefert werden;

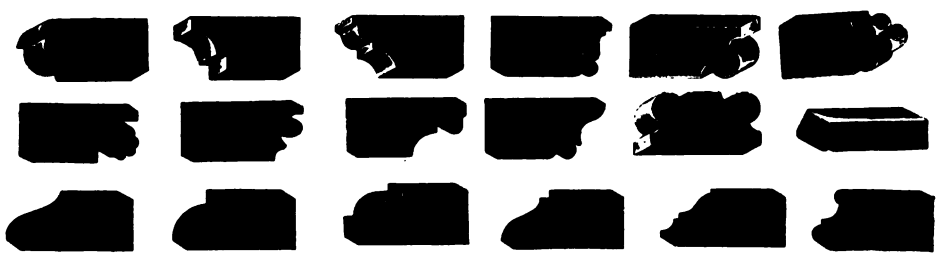


Abb. 159.

hierüber geben die Profilhefte dieser Auskunft. In Abb. 159 sind eine Anzahl häufiger vorkommender Formsteine nach dem Profilbuche der Kunstziegel- und Tonwaren-Fabrik zu Nieder-Ullersdorf (Kreis Sorau, N.-L.) zusammengestellt.

Einen eigenartigen Verblender stellen in der Form eines „Hakenverblenders“ (DRP. 77373) für 2 oder mehr Schichten Abb. 160 a—c dar; der Stein ermöglicht, der normalen Mauerung sich anschließend, eine wirkungsvolle, billige und dabei solide Verblendung[1]).

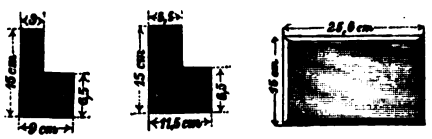


Abb. 160 a—c.

Weiter kommen hier die verschiedensten Formensteine der einzelnen Baustile in Frage, vgl. Abb. 161 a—k — Formsteine, wie sie z. B. im Anschlusse an ein Verblendmauerwerk die Ullersdorfer Werke liefern. Endlich seien Steine zur Bildung von Gartenmauern und dergl. — Abb. 162 — erwähnt.

f) Klinker. Hierunter sind vollkommen gesinterte, also im Innern verglaste Steine zu verstehen, die aus stark kalk- und sandhaltigen, daneben auch glimmerreichen

[1]) Gewerkschaft-Grube Theresia Hermülheim bei Köln a. Rh.

Rohmaterialien durch starken Brand erzeugt sind. Fälschlich werden in der Baupraxis, namentlich im Tiefbau, gewöhnliche, sehr hart und fest gebrannte Steine aus der Wertklasse III mit dem Namen Klinker bezeichnet.

Ein guter Klinker muß neben dem „geflossenen" Aussehen seines Querschnittes hell klingen, vollkommen wasserundurchlässig sein und genaue Form ohne irgendwelche Sprünge oder Risse zeigen. Die Abmessungen der Klinker entsprechen entweder dem Normal- Mauerstein-Format 25 . 12 . 6,5, wiegen alsdann rund 3,5 kg oder sie sind kleiner: 21 . 10 . 5,5—6,0, 24 . 11,5 . 5,5 (in der Berliner Gegend viel verwandt). Ihre Vermauerung kann nur mit reinem oder verlängertem Zementmörtel erfolgen.

Hierher gehören auch die aus dem gleichen Material gefertigten Straßen- und Trottoirklinker mit verschieden gestalteter Oberfläche, Abb. 163a—e und Abmessungen von 10—15 cm Stärke, 10 cm Breite, etwa 20 cm Länge und Gewichten von 4,0—6,5 kg, ferner Flur- und Einfahrtsplatten — Abb. 164a—f, meist 6—7 cm stark, 20 . 20 bzw. 16 . 16 cm groß (G = 5,5—3,5 kg), Bordsteine — Abb. 165, Rinnensteine Abb. 166, weiße Mosaiksteine zu Trottoir und Gangbefestigung 10 . 5 . 5 cm — Abb. 167 usf.

Die Druckfestigkeit der Klinker soll über 200 kg/qcm liegen; sie beträgt i. M. 400 kg/qcm, erreicht aber bei manchen besonders guten Fabrikaten Größen von $>$ 1000 kg/qcm[1]).

Die Verwendung der Klinker erstreckt sich vorwiegend auf den Ingenieurbau, namentlich auf Wasser- und Straßenbauten, daneben auf die Befestigung der Oberflächen von Höfen, auf Pflaster in Einfahrten, Ställen usw.

Über Tonfliesen vgl. weiter unten im nächsten Paragraph.

g) Chamottesteine. — Je nach dem zur Verfügung stehenden Rohmaterial und der späteren Verwendung der Steine ist ihre Zusammensetzung eine sehr verschiedene; hier kommt in Frage eine Vereinigung von rohem, feingemahlenem feuerfestem Ton mit vorher gebranntem und dann bis zur Grobkörnigkeit (2—3 mm) zerbrochenem, gleichartigem Material (Chamotte)[2]) etwa im Verhältnis von 1 : 1 bis 1 : 2, ferner Kaolin, bester fetter Ton, zerkleinerter gebrannter Schiefer, roher Schieferton usw.

Im allgemeinen sind die Steine um so feuerfester je mehr feuerfesten Ton sie enthalten; hiermit steigt aber auch ihr Schwindmaß, das bei sehr fettem, feuerfestem Ton bis über 12½ v. H. gehen kann.

Die bis zur vollen Weißglut gebrannten, weicheren und porigen Steine ertragen in der Regel besonders hohe Temperaturen und starken plötzlichen Wechsel dieser, während sich die dichten, festen Steine weniger für eine solche Beanspruchung eignen; wie die Erfahrung gezeigt hat, sind aber gerade dichtere porenfreie, geeignet zusammengesetzte, gesinterte Chamottesteine in bezug auf Säurebeständigkeit den stark porösen Materialien überlegen.

Das deutsche Normalformat 25 . 12 . 6,5 wiegt rund 3,5 kg; daneben werden auch Teilsteine des ersteren[3]), ferner die verschiedensten Keilsteine für Ofengewölbe und

---

[1]) Hier sind z. B. zu nennen die schwedischen Klinkerplatten von Skromberga.

[2]) An Stelle von Chamotte können auch grob gemahlene „Kapsel"scherben verwendet werden, vergl. S. 313 unter „g".

[3]) Hier kommen z. B. in Frage:

25 . 12 . 2,5 (bezw. 3,5, 4,8),
23 . 11,3 . 7 } Normalform des
25 . 12,3 . 7 } Vereins deutsch.
29 . 14,3 . 7 } Ingenieure.
22,8 . 11,4 . 6,0 englisches Format.

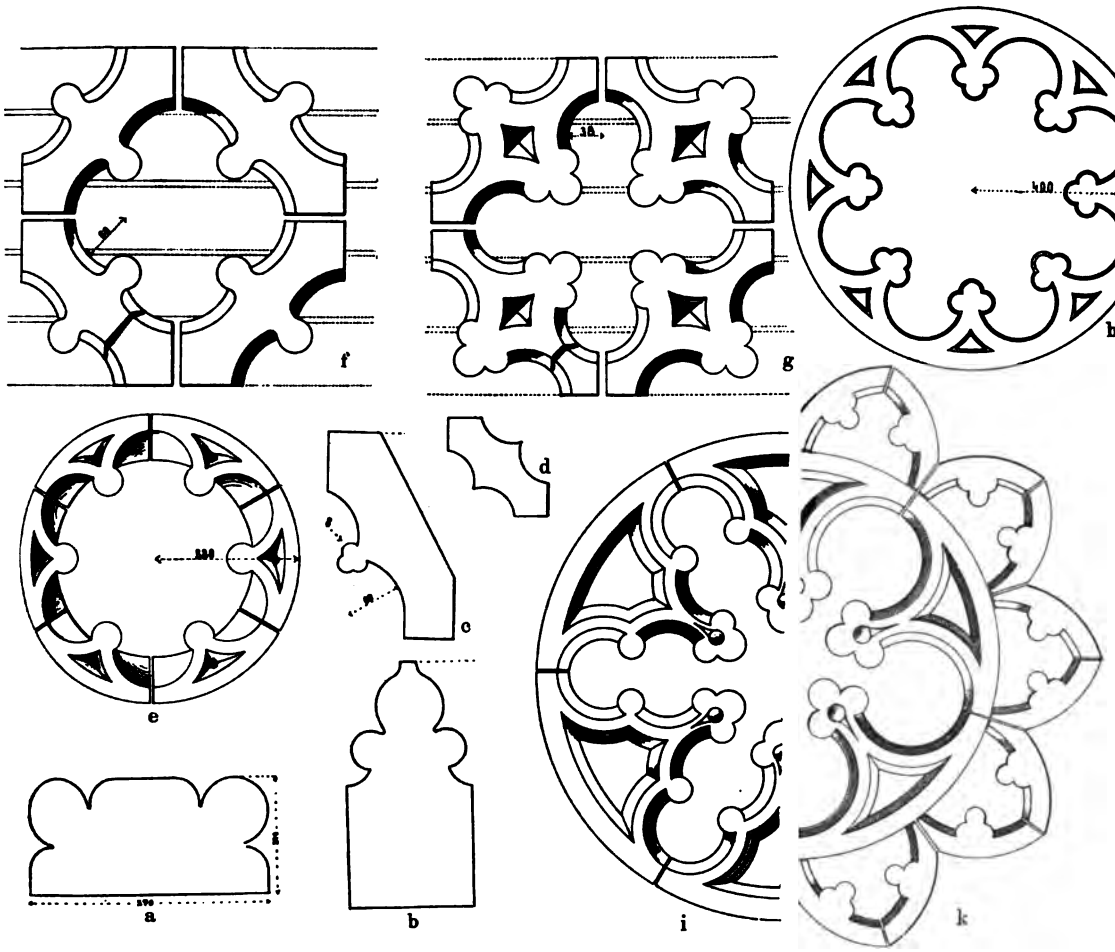


Abb. 161 a—k.

Abb. 162.

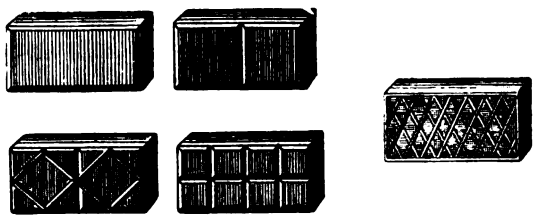


Abb. 163 a—e.

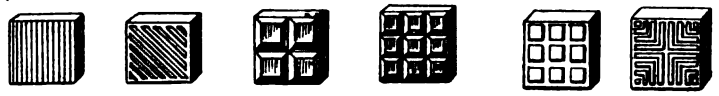


Abb. 164 a—f.

Abb. 165.

Abb. 166.

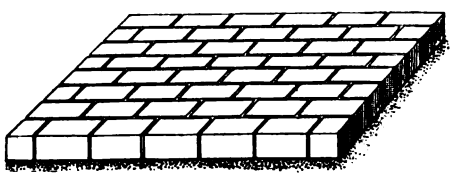


Abb. 167.

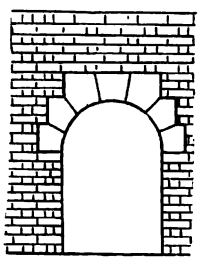


Abb. 168.

und fünften Stein in Abb. 172 — parallel zur Längsseite des Ziegels gewellt. Das deutsche Normalformat hat 365 . 155 . 12 [1]) mm Abmessungen; daneben kommen auch kleine Formate zur Eindeckung von Türmen z. B. 200 . 115 . 12 vor. Für Eindeckung von Traufe und First finden kürzere Platten, für Ab- und Anschlüsse halbe und Drittel-Steine, für Kehlen unten schmälere Ziegel, Abb. 173 a b (a für die Mitte b für die Seite der Kehle), entsprechend für Walmflächen oben breitere Steine Anwendung [2]); auch werden je nach der Dachform konkav und konvex gebogene Platten geliefert. Die Befestigung der Steine auf ihren Latten erfolgt mit Hilfe von Nasen (von 2 qcm Querschnitt und 2 cm Mindesthöhe) oder durchgehend erhöhtem Rande. Über die Art der verschiedenen Eindeckungen und die hierzu gebrauchten Materialmengen vgl. die Werke über Baukonstruktion.

2. Hohlziegel. Als bekanntere Arten kommen in Frage: a) Die Kremp- oder Breitziegel, entweder in Form von Rechtecken (gerade Ziegel) oder schräg geschnittenen, Abb. 174 u. 175 a b. Das Einhängen erfolgt auch hier mit einer Nase an der Unterseite des Steines, das gegenseitige Festhalten in der Dachebene durch den einseitig aufgebogenen Rand des unteren und die darüber greifende Krempe des andern. Die Größen sind sehr verschieden, bei den geraden Steinen vielfach zwischen 295 . 250 und 430 . 255, bei den rhombischen zwischen 358 . 260 und 400 . 290 liegend.

b) Nonnen- und Mönchsteine. Die einfachen Arten dieser haben — vielfach bei einer Länge von 400 mm, einer mittleren Breite von 200 mm und einer Stärke von 18 mm — die Form eines halben, in der Längsachse durchschnittenen, abgestumpften Kegels; über je zwei konkav verlegten Untersteinen, den „Nonnen" liegt der konvexe — Mönch genannt Oberstein —; die Nonnen hängen mit Nasen an den Latten, während die Mönche entweder in ihrem oberen Teil und an ihrer Oberfläche Nasen haben, gegen die der obere Stein sich stützt, oder, Abb. 176 a b c, in besondere Einschnitte der unten liegenden Ziegel eingehängt sind; auch kann man beide Ziegelarten, die dann allerdings mehr die Form der in Abb. 179 dargestellten holländischen Pfannen- oder S-Ziegel annehmen, als Falzziegel mit seitlichem und oberem und unterem Falzeingriffe ausbilden, Abb. 177 a b. Gleichfalls verbesserte, dem Tonwerk zu Ludwigsberg bei Moschin i. P. patentamtlich geschützte Formen von Mönch- und Nonnenziegeln stellen die Abb. 178 a—i dar. Hier sind besonders die für Kehl- und Gratanschlüsse, sowie die Firstausbildung geschaffenen Formsteine bemerkenswert, da sie die, sonst bei Pfannen nicht einwandfreie, übliche Eindeckung dieser Stellen im Dache erheblich verbessern und eine durchaus wetterbeständige, auch ästhetisch befriedigende Konstruktion gewährleisten.

An Stelle der Nonnen kann man auch trapezförmige Platten mit seitlich aufgebogenen Rändern verwenden, die dann an ihren Anschlußstellen mit Hohlziegeln überdeckt werden, (italienisches Dach), etwas leichter als die Normaldeckung.

c) Holländische Pfannen, nach einem liegenden S gekrümmt, Abb. 179, etwa 400 mm lang, 300 mm breit und 12—18 mm stark, finden heute nur noch beschränkte Anwendung für landwirtschaftliche Bauten; eine verbesserte Form, nach Art der Falzziegel zeigt Abb. 180 a b [3]). Im allgemeinen bildet das Hohlziegeldach eine architektonisch besonders

---

[1]) Oft findet sich auch:
340 . 180 . 12
270 . 150 . 12.

[2]) Hier kann man auch Hohlziegel verwenden.

[3]) Hergestellt von den Tonwerken Hennigsdorf a. H. Auf 1 qm Dachfläche entfallen 14½ Stück; Lattenentfernung 31 cm. Gewicht 36 kg/qm.

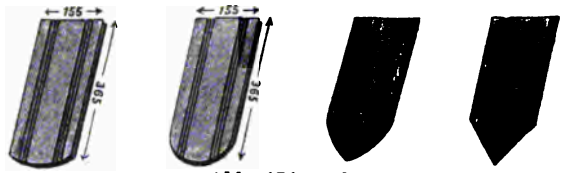
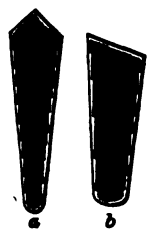


Abb. 171 a – d.

Abb. 172.



a b

Abb. 173 a u. b.

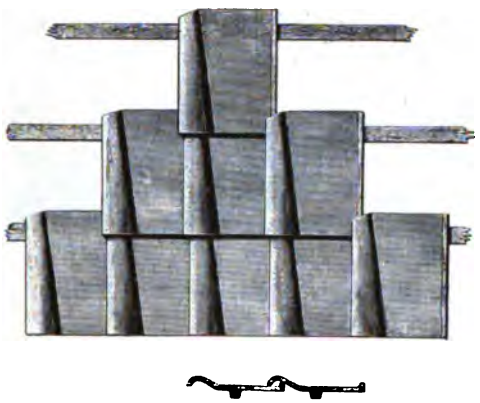


Abb. 174.

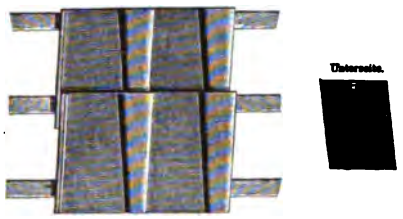
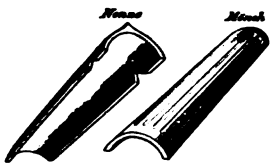
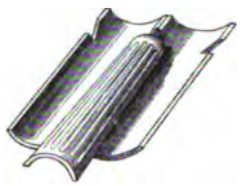


Abb. 175 a u. b.

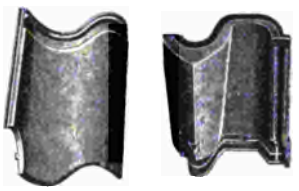


a b



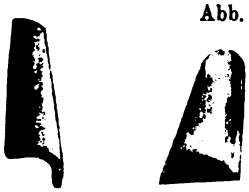
c

Abb. 176 a—c.



a b

Abb. 177 a u. b.



a
Oberpfanne.

b
Geschlossener Mönch.

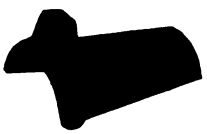
c
Unterpfanne.

d
Rechter Kehlanschlußstein.

e
Rechter Gratanschlußstein.

f
Ungeteilter Kehlstein.

g
Gratstein.



h
Firststein.

i
Firstanschlußstein.

Abb. 178 a—i.

wertvolle, durch die kräftigen Linien, Licht- und Schattenwirkungen ausgezeichnete, daher für Monumentalbauten besonders geeignete Dachdeckung. —

3. Die Falzziegel. Je nach der Herstellung und der diese wieder bedingenden Form unterscheidet man: Strangfalzziegel, hergestellt auf der Strangpresse, und eigentliche in Pressen und besonderen Formen gewonnene Falzziegel; während die ersteren infolge ihrer Erzeugung an einen im allgemeinen gleichbleibenden Querschnitt gebunden sind, demgemäß nur mit einer seitlichen Verfalzung übereinander greifen und somit eigentlich nur eine verbesserte Form der Dachplatten (vgl. unter a) darstellen, Abb. 181 a—c[1]) und 182 a, b[2]), können Preßfalzziegel jede beliebige Formen annehmen, siehe Abb. 183—194[3]). Dies bezieht sich sowohl auf die Oberflächenausgestaltung, die mit Riefen, Mulden, Rundstäben, mittleren und seitlichen Rippen versehen oder in Wellenform ausgebildet sein kann, als auch vornehmlich auf die Verfalzung an Kopf und Seite; hier kann die Falzausbildung einen einfachen Schluß, einen doppelten und dreifachen gestatten. Es liegt auf der Hand, daß die Deckung um so besser ist, je inniger das Ineinandergreifen der einzelnen Ziegel ist. — Weiter spricht auch noch die Größe der Falzziegel mit, die für normale Eindeckungsfälle etwa 33—40 cm Länge bei 22,5 cm Breite aufweisen, während für Villenbedachung (Abb. 191), namentlich aber für Turmdächer (Abb. 190—192) kleinere Formate üblich sind, die zudem sich dadurch auszeichnen, daß sie neben der sonstigen Einhängung auf den Latten auf diesen noch ein- bzw. zweimal genagelt werden. Endlich gibt es auch Ziegel, die zum Zwecke einer besonders guten Überdeckung um die eigene Stärke in der Mitte geknickt sind, Abb. 194, Knickziegel[4]).

Aus den beigegebenen, als Beispiele anzusehenden Abbildungen dürfte hervorgehen, wie mannigfaltig gerade bei den eigentlichen Falzziegeln die Ausbildung ist. Weitere Einzelheiten gehören in das Gebiet der Baukonstruktionslehre. —

4. Als besondere Dachziegelformen kommen in Frage: Firstziegel, einfacher Art oder mit Krönungen und ihre Abschlüsse, Abb. 195—202, Ziegel zur Eindeckung von Walmen und Kehlen, Abb. 203—208, Schlußwalme 209, Glocke an den Anschlußpunkten von First und Walm, Abb. 210 für einen First und zwei Walme, desgl. Abb. 211, Abb. 212 für vier Walme, Ziegel mit Lüftungsöffnungen, mit senkrechtem Rohr oder wagerechtem Lüftungskanal, allen möglichen Ziegelarten, und zwar der Größe eines oder zweier Ziegel angepaßt, Abb. 213—218, endlich Ziegel zur Aufnahme kleiner oder größerer Glasscheiben und dementsprechend mit einem in der Ziegelfläche angeordneten Falz versehen, Abb. 219 u. 220. Über die auch hier sehr mannigfaltige Ausgestaltung geben alle diese Abbildungen[5]) Auskunft.

Hierher gehören in gewissem Sinne auch Tonplatten zur Abdeckung von Mauern, Abb. 221—222.

---

[1]) Der Strangfalzziegel in Abb. 181 c ist als Hohlziegel zum Zwecke guter Isolation ausgebildet.

[2]) System Krüger-Jena.

[3]) Es stellt dar Abb. 183 die sog. Marseiller Falzziegel mit doppeltem Kopf- und Seitenfalz, Abb. 184 Ziegel mit Rundstab, Abb. 185 Muldenziegel von Ludovici mit doppeltem Seiten- und Kopfschlusse desgl. Abb. 186 von Neumann-Berlin, Abb. 187 Brüggener Falzziegel mit Seitenrippen, Abb. 188 Ziegel mit Mittel- und Seitenrippe, Abb. 189 französische Falzziegel, Abb. 190—192 Turm- und Villenziegeln, Abb. 193 verbesserte Muldenziegel mit doppeltem Seiten- und dreifachem Kopfschlusse (von Hennigsdorf a. H.), Abb. 194 einen Knickziegel, vergl. die nachfolgende Anmerkung.

[4]) Hergestellt von den Hennigsdorfer (a. H.) Tonwerken, DRP. 101630. Auf 1 qm entfallen 38 Stück bei 16,5 cm Lattenweite.

[5]) Z. T. Erzeugnisse von Hennigsdorf a. H.

Abb. 179.

Abb. 180 a u. b.

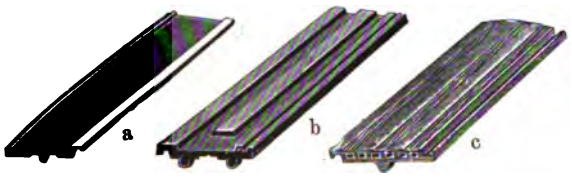


Abb. 181 a—c.

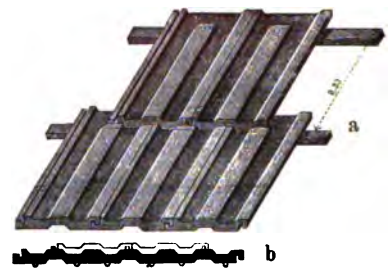


Abb. 182 a u. b.

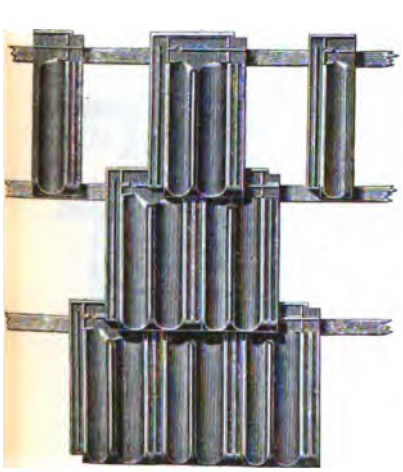


Abb. 183.

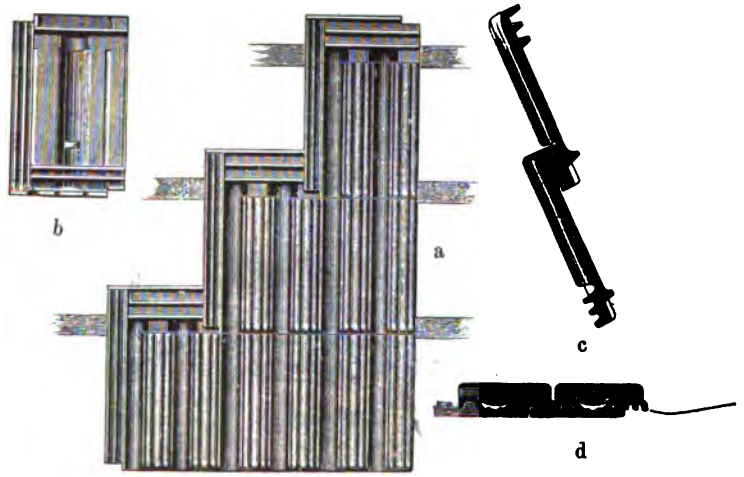


Abb. 184 a—d.

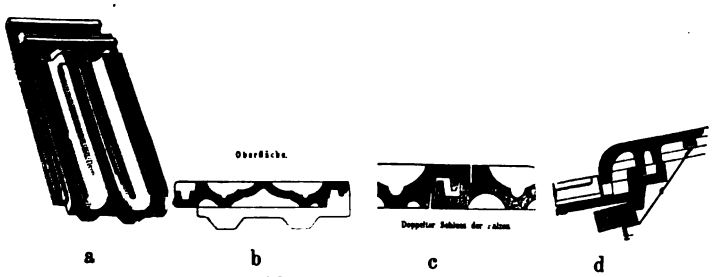


Abb. 185 a—d.

Abb. 186 a—c.

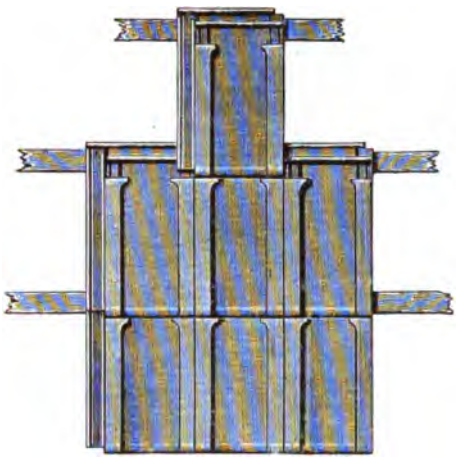


Abb. 187.

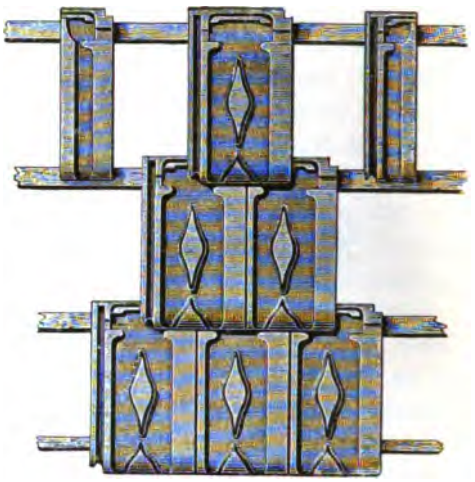


Abb. 189.

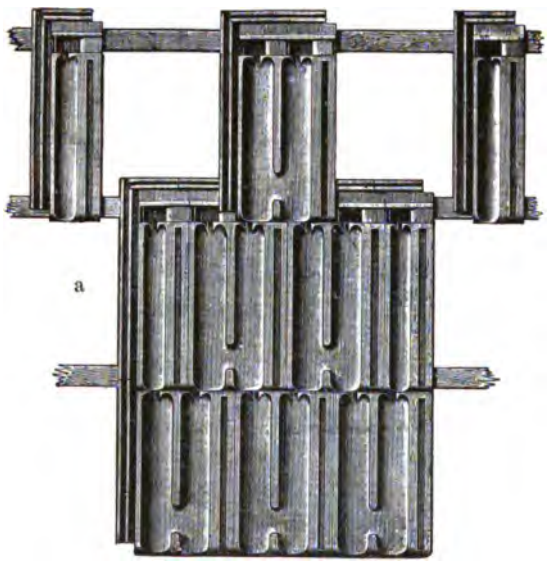


Abb. 188 a, b.

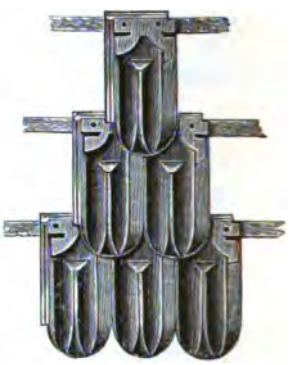


Abb. 190.

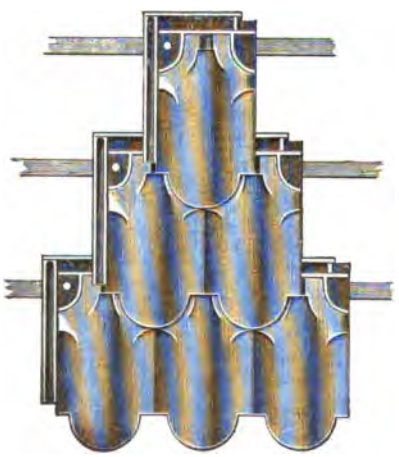


Abb. 191.

Abb. 192.

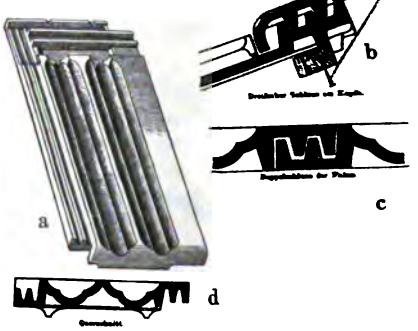


Abb. 193 a—d.

Abb. 194 a u. b.

Abb. 195.

Abb. 196.

Abb. 197.

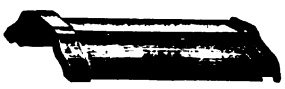


Abb. 198.

Abb. 199.

Abb. 200.

Abb. 201.

Abb. 202.

Abb. 203.

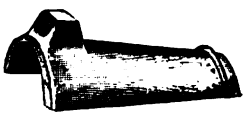


Abb. 204.

Abb. 205.

Abb. 206.

Abb. 207.

Abb. 208.

Abb. 209.

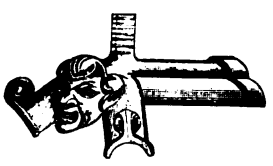


Abb. 210.

Abb. 211.

Abb. 212.

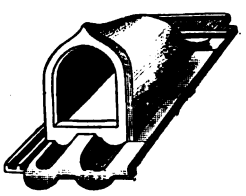


Abb. 213 u. 214.

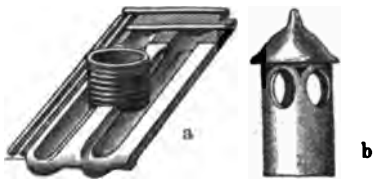


Abb. 215 a, b.

Abb. 216.

Abb. 217.

Abb. 218.

Abb. 219.

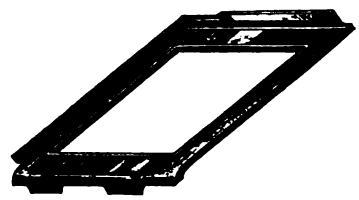


Abb. 220.

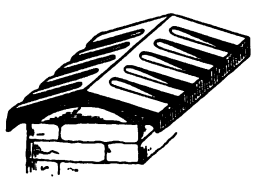


Abb. 221.

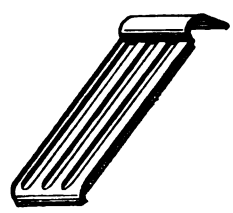


Abb. 222.

§ 59. Tonrohre, Tonplatten, Terrakotten und Ofenkacheln.

a) Tonrohre — Muffenrohre — wie sie namentlich bei den Leitungen der Kanalisation verwendet werden, halten bei guter Herstellung und Verlegung sowohl einen sehr erheblichen inneren als äußeren Druck aus[1]); nur müssen ihre Wandstärken, namentlich von 50 cm innerem Durchmesser an, ausreichend stark sein. Beim Brennen sollen die Rohre der Sinterung nahe kommen, ohne diese selbst zu erreichen; ihre Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse ist eine sehr bedeutende, namentlich bedingt durch die gute, von Säuren so gut wie unangreifbare Glasur; welcher Art diese ist, wurde schon auf S. 315 besprochen. Da die Bildung dieser beim Glasieren auf der Rohroberfläche erzeugten Verbindung: kieselsaures Tonerde-Natron erst bei einer Temperatur vor sich geht, bei der der Ton beginnt zu sintern, so liegt in der Erzeugung

[1]) Bei den Fabrikaten der deutschen Tonröhren-Chamotte-Fabrik zu Münsterberg in Schlesien hat sich z. B. ergeben, daß Tonrohre von 700 mm lichtem Durchmesser, von 0,8 m Länge und bei 52 mm Wandstärke Belastungen von außen zu tragen vermochten von rd. 7 bzw. . 9,3 t, ehe ein Riß eintrat, daß ferner (Prüfung in der Berl. Mat.-Prüfungs-Anstalt) bei einer Lichtweite von

	20	30	40	50	60	70	80 cm
die konzentrierte Bruchlast i. M.	3,4	2,45	2,6	3,58	3,45	3,95	3,0 t

beträgt. Gegenüber einem inneren Drucke hielten die Rohre in der vorgenannten Reihenfolge:
14,5, 12,0, 9,5, 12, 7,8 7,1 und 8,7 Atm. Stand.
Es zeigt sich also eine sehr große Sicherheit gegenüber dem Eintreten von Rissen durch inneren Wasserdruck, wie er durch Ansteigen des Wassers über dem Rohrscheitel bei heftigen Gewittergüssen entstehen kann.

einer guten Glasierung zugleich eine Sicherheit für einen gleichmäßigen und ausreichenden Brand der Rohre und daneben für einen ausreichenden Gehalt des Rohmaterials an Kieselsäure.

Hergestellt werden, vgl. die Abb. 223 und folgende:

1. Gerade Tonrohre mit Muffen. Über die im allgemeinen üblichen Durchmesser, Wandstärken, Kosten am Herstellungsort usw. gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft.

Durchmesser cm	Wandstärke cm	Gewicht für 1 m kg	Kosten für 1 m Rohr am Herstellungsorte Mark	Auf einen Waggon von 10000 kg können geladen werden [1]) Stück
7,5	1,4	12.5	0,80	800
10,0	1.5	16,0	1,00	625
11,0	1,6	19,0	1,05	525
12,5	1,7	20,0	1,20	500
15,0	1,8	25,0	1,50	400
16,0	1,8	28,0	1,60	360
17,5	2,0	30,0	1,80	333
20,0	2,0	35,0	2,20	295
21,0	2,1	38,0	2,30	260
22,5	2,2	43,0	2,50	230
24,0	2,3	57,0	3,00	210
25,0	2,3	53,0	3,00	190
27,0	2,4	56,0	3,50	175
27,5	2,4	64,5	3,50	155
30,0	2,6	66,0	4,00	150
33,0	2,8	77,0	4,65	130
35,0	2,8	85,0	5,00	125
36,0	2,8	91,0	5,00	115
37,5	2,9	94,5	5,65	105
39,0	3,1	101,0	6,35	100
40,0	3,2	108,0	7,00	90
42,0	3,2	120,0	8,35	85
45,0	3,6	137,0	10,00	75
48,0	3,6	146,0	10,65	68
50,0	3,7	150,0	11,00	65
51,0	3,7	160,0	13,00	62
54,0	3,9	177,0	13,35	56
55,0	3,9	180,0	13,35	55
57,0	4,1	205,0	15,75	49
60,0	4,2	207,0	16,00	49
65,0	4,5	237,0	18,00	45
70,0	4,8	275,0	22,00	40
80,0	5,0	341,0	32,00	30
100,0	5,9	421,0	60,00	25

2. Zweigrohre, „Gabeln", kommen vor mit einfachen bezw. doppelten, senkrecht, schräg oder gekrümmt verlaufenden Anschlußrohren, Abb. 224—230. Sie haben meist Längen von 60 cm mit Abzweigungen zum Anschlusse der Hausentwässerungen von 16 cm Durchm. Ihre Preise richten sich nach dem Durchmesser des Hauptrohres und betragen vielfach 33 vom Hundert mehr als ein gleichweites 1 m langes Rohr.

[1]) Nach Angaben der Deutschen Steinzeugwarenfabrik in Friedrichsfeld (Baden).

3. Übergangsrohre, Abb. 231, auch Verjüngungsrohre, Kegelrohre, genannt. Ihr Preis pflegt dem eines geraden Rohres von größerem Durchmesser und 1 m Länge zu entsprechen.

4. Gelochte oder geschlitzte Rohre zu Sammelleitungen für Grundwasser, wohlfeiler als gußeiserne Rohre und der Zerstörung durch Rost wie einer Versetzung der Einströmungsschlitze durch diesen nicht ausgesetzt, Abb. 232—233.

5. Bogen- oder Knierohre, Abb. 234—238. Ihr Gewicht ist gleich dem eines gleichweiten, 1/2 m langen Rohres zu schätzen. Der Preis beträgt bis zu 400 mm inneren Durchm. meist das 1 1/4fache, darüber hinaus das 1 1/2fache eines entsprechenden Rohres von 1 m Länge. Mit den verschiedenen Krümmungen der Rohre lassen sich alle vorkommenden Anschlußleitungen herstellen.

6. Rohre mit Reinigungsöffnungen nebst zugehörendem Deckel von 60 cm Länge, Abb. 239. Hierher gehören auch die von den Münsterberger Tonwerken hergestellten Szallaschen Anschlußmuffen[1]), welche es gestatten, nachträglich in ein Tonrohr eine senkrecht oder schräg anschließende Gabelung mit rechteckigem Einsatzende und Anspannung durch ein das Hauptrohr umgreifendes Metallband einzufügen, Abb. 240a—c, 241 u. 242a—d.

7. Überschieber, zur Verbindung zweier stumpf gegeneinander stoßender Rohrenden dienend — Abb. 243; der Preis beträgt 1/3 des eines gleichwertigen Meterrohres.

8. Geruchsverschlüsse, Abb. 244 u. 245, mit und ohne Reinigungsöffnung und meist mit Lichtweiten von 50, 75, 100, 130, 150, 160, 200, 240 und 250 mm.

9. Kanalsohlsteine aus gebranntem Ton mit glasierter Rinne, Abb. 246, und Sohlschalen, Abb. 247, für gemauerte und in Beton ausgeführte Kanäle. Sohlschalen sind in der Regel auf den Unterseiten mit Rillen versehen, um gut mit Mörtel zu haften. Die glasierte Oberseite widersteht allen chemischen und mechanischen Einflüssen der Kanalwässer; auch erschwert die Glätte das Ankleben der Abfallstoffe bei niedrigem Wasser[2]).

Hierher gehören auch die Knauffschen Tonplatten zum Belegen der unteren Teile der Betonkanalwandungen, 15 cm breit, 32,7 cm lang und 2 cm stark mit einem Preise von rd. 0,35 Mk. für ein Stück.

10. Tonrohre in Eiform nebst ein oder zwei Ansätzen von rd. 2/3 m Länge. Über die üblichen Abmessungen im Lichten, Gewichte und Preise vgl. die folgende Zusammenstellung.

Durchmesser cm	Wandstärke mm	Gewicht kg	Preis Mk.	
30/20	23	50	5,00	
37,5/25	26	70	6,50	Abzweige, einfach
45/30	30	90	10,00	0,60 cm lang, kosten
52,5/35	33	130	15,00	1 1/3, doppelte aber
60/40	37	165	20,00	zweimal so viel als 1 m
75/50	40	220	30,00	Rohr.
90/60	45	300	40,00	

[1]) DR.G.M. Nr. 119038 und 119039.

[2]) Über die Abmessungen und Preise (ab Werk) der in Münsterberg hergestellten Sohlschalen gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft (vergl. Abb. 247):

Halbmesser mm (r)	Länge der Sehne (s)	Gewicht für 1 lfm./kg	Preis für 1 lfm./Mk.
315	445	50	7,50
250	354	36	5,35
200	290	25	3,60
180	255	19	2,80
150	210	15	2,25.

Abb. 223.

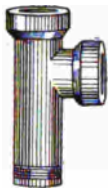


Abb. 224.

Abb. 225.

Abb. 226.

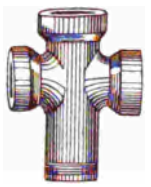


Abb. 227.

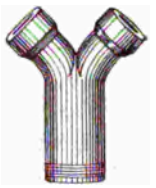


Abb. 228.

Abb. 229.

Abb. 230.

Abb. 231.

Abb. 232.

Abb. 233.

Abb. 234.

Abb. 239.

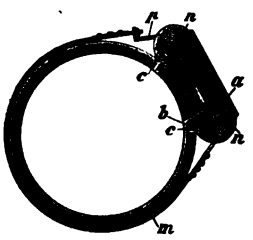
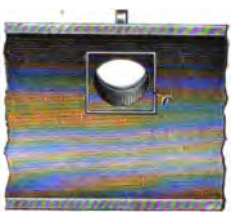


Abb. 240 a—c.



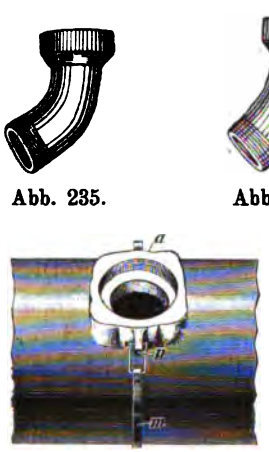
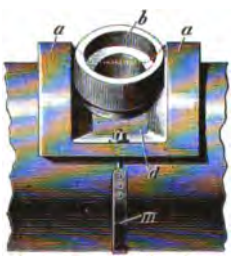


Abb. 241.



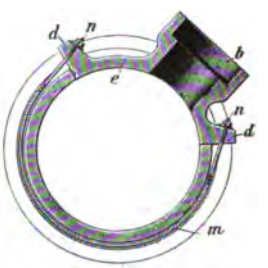


Abb. 242 a—c.

Abb. 243.

Abb. 244.

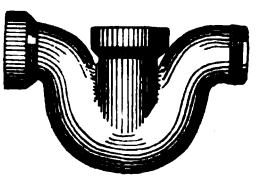


Abb. 245.

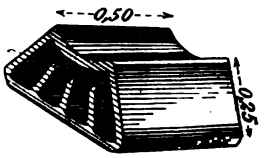


Abb. 246.

11. Ferner kommen als Sonderwaren hier in Frage: Sinkkästen für Höfe und Straßen, Tonkanäle rechteckigen Querschnittes für Lüftungs- und Heizungszwecke, Spülbecken, Abortrohre mit verschiedenen Abzweigungen, Dunstrohre, Schornsteinaufsätze usw. usw. Zu den Preisen der Tonrohre ab Werk kommen noch Verpackungszuschläge hinzu, welche sich für 10000 kg Rohre oder Formstücke auf 5 Mk., für Tonschalen auf 10 Mk., für Tonplatten auf 25 Mk. stellen.

b) Ziegelfliesen. Sie werden — ein- oder mehrfarbig — entweder in der Art hergestellt, daß zunächst das Ornament aus farbigem Ton in eine Form gepreßt und hier mit dem aus plastischem Ton bestehenden Grund durch hydraulischen Druck vereinigt wird, oder in umgekehrter Weise erzeugt; alsdann wird auf den zunächst gefertigten Grund mit eingepreßtem, vertieftem Ornamente fast trockenes, farbiges Tonpulver

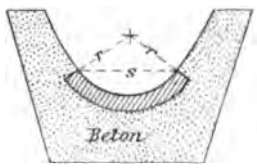


Abb. 247.

Abb. 248.

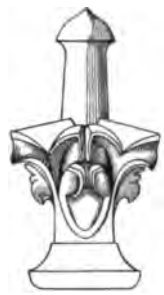


Abb. 249.

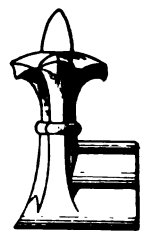


Abb. 250.

aufgestreut und mit ihm durch Pressen verbunden. Hierher gehören viele erstklassige deutsche Fabrikate von künstlerischer Ausgestaltung, großer Wetterbeständigkeit, sehr geringer Abnutzung und bleibender Farbenfrische sowie hoher Druckfestigkeit[1]). Die Form der Platten ist entweder vier-, sechs- oder achteckig mit entsprechenden quadratischen Zwischenplatten. Die Größe der Platten vielfach 20 . 20, 17 . 17, 16 . 16 bzw. 14,4 . 14,4 cm bei 2 cm Stärke.

Erwähnenswert sind hier auch die zu Wandbekleidungen verwendeten Majolikafliesen aus weißem Ton oder mit weißer Engobe und Glasur, unter oder über der ornamentale Zeichnungen usw. durch Handmalerei oder Druck aufgetragen sind, sowie die Fliesen, bei denen eine obere Engobeschicht in frischem Zustande (einer Vorlage gemäß) fortgenommen wird, sodaß die untere, ebenfalls farbige Tonschicht erscheint.

Bei dem Legen der Mosaikplatten, wovon Schönheit und Dauerhaftigkeit des Belages wesentlich abhängen, ist zu beachten, daß der Untergrund aus einer in verlängertem Zementmörtel verlegten Ziegelflachschicht oder aus Zementbeton von 6—10 cm Stärke (im Freien von 20—25 cm) bestehen soll, daß die Verlegung unter Verwendung eines dickflüssigen, verlängerten Zementmörtels[2]) erfolgt[3]), und zwar auf dem gut angenetzten Untergrund, daß endlich nach Fertigstellung der Arbeit bezw. bei größerer Ausdehnung dieser schon bei einer Teilfläche von rd. 20 qm, die Fugen von allem Schmutz gereinigt und mit dünnflüssigem Zemente durch Übergießen der Fläche und Einbürsten des Zementes nachgefugt werden; noch ehe der Zement getrocknet ist, muß dann die ganze Fläche unter Verwendung aufgestreuter Sägespäne oder von Sand mit kräftigen Besen gereinigt werden; schließlich wird der ganze Belag mit fünffach ver-

[1]) Als bekanntere Werke seien genannt: Villeroy und Boch, Mettlach, die Marienberger Mosaikplattenfabrik in Sachsen, Kauffmann-Niedersedlitz bei Dresden, die Sinziger Mosaikplattenfabrik, Utzschneider und Jaunez-Saargemünd und Zahna i. S., March u. Söhne, Charlottenburg, Tonwarenfabrik Großhesselohe, Norddeutsche Steingutfabrik Grohn bei Bremen, Bernhofener Werke u. a. m.

[2]) Z. B. 1 Zement : 3 Kalk : 2 Sand.

[3]) Für Wandplättchen empfiehlt sich nur ein geringer Kalkzusatz zum Zementmörtel 1 : 3.

dünnter Salzsäure abgewaschen, um alle vom Mörtel oder Zement herrührenden grauen Flecke zum Verschwinden zu bringen; auch soll der Belag vor Ablauf einer Woche nicht betreten werden, mindestens nicht ohne Bretterschutz u. dergl.

c) Terrakotten sind aus feinem, gleichmäßigem, mit vollkommen gleichartiger Farbe brennendem Ton hergestellt, fast gesinterte, in ihrer Oberfläche vollkommen dichte Schmuckgegenstände, wie Kapitäle, Säulen, figürliche Darstellungen, Konsolen, Ornamente, Hochreliefs aller Art, Medaillons, Turmspitzen, Kreuzblumen usf., Abb. 248 bis 250. Da es hier darauf ankommt, daß die Rohmasse beim Schwinden und Brennen sich nur ganz gleichmäßig ändert, ist es notwendig, alle nicht gerade die Form einer Platte zeigenden Terrakotten mit gleicher Wandstärke, d. h. hohl herzustellen. Die Formung der Terrakotten erfolgt in fein geölten, auf das meist hohe Schwindmaß (12 v. H. i. M.) Rücksicht nehmenden Gipsformen, in welche die sehr gleichmäßig vorbereitete Rohmasse von Hand aus oder durch Maschinen hineingedrückt wird. — Die sehr vorsichtig zu trocknenden Waren werden in Gasöfen oder in Kapseln gebrannt, und zwar derart, daß sie ganz gleichmäßig von allen Seiten her von den Feuergasen umspült werden. Vielfach findet ein nachträgliches Engobieren statt. Die Festigkeit der baulich verwendeten Terrakotten ist meist eine große.

d) Ofenkacheln werden entweder von Hand aus, aus dem äußeren, ebenen oder vertieft gepreßten Blatte und der inneren wulstigen, vierkantigen Zarge hergestellt, oder gleich in einem Stücke maschinell gepreßt, alsdann getrocknet, gebrannt und glasiert. Die Einteilung der Kacheln erfolgt sowohl nach ihrer Güte und Rissefreiheit, als auch nach ihrer späteren Lage (Eck-, Gesims-, Leisten-, Frieskacheln usf.) sowie nach der Oberflächenausgestaltung (glatt, gemustert, gestreift, vertieft, gut wegen der Erhöhung der Wärmeleitung) usw. Auf genau gleiche, symmetrische Formen, gerade Kanten, scharfe Ecken und sprungfreie Außenfläche ist besonders zu achten.

§ 60. Ausblühungen von Ziegelsteinen[1]).

Unter Ausblühungen sind alle meist weißen daneben auch farbigen Ausschläge zu verstehen, welche sich an der Außenfläche des Mauerwerks, und zwar nicht nur des aus Kunstprodukten, sondern auch desjenigen aus Natursteinen zeigen. Diese Ausblühungen, von denen hier vorwiegend in Verbindung mit Ziegelmauerwerk gesprochen werden soll, sind in Wasser lösliche Salze, in der Regel Sulfate und Karbonate (weiß), daneben — durch grüne oder gelbe Färbung einzelner Ziegeln erkennbar — Vanadinate; sie entstehen durch das Austrocknen des Mauerwerkes, wobei das in ihm enthaltene oder durch die Witterung hineingeführte Wasser die löslichen Salze an der Außenfläche zum Auskristallisieren bringt. Die löslichen Salze können zum Teil im Mauerwerk bereits vorhanden sein oder sich durch Wechselwirkung bilden, namentlich unter Zuhilfenahme des Mörtels, durch an das Mauerwerk anschließende Erdmassen, vor allem bei Gegenwart von Asche und Schlacke in letzteren.

Entstammen die auswitternden Salze den Baustoffen selbst, so werden sie nach einiger Zeit durch allmähliche Auslaugung von Steinen und Mörtel und durch Fortführung,

[1]) Genaueres vergl. in Dr. H. Mäckler: Die Ausblühungen des Mauerwerks, ihre Entstehung und Bekämpfung. Zusammengestellt im Auftrage des deutschen Vereins für Ton-, Zement-, Kalkindustrie, Berlin 1902. Verlag der Tonindustrie-Zeitung; vgl. auch § 48 der vorliegenden Bearbeitung.

vorwiegend infolge der mechanischen Wirkung des Regens, nach und nach beseitigt werden und aufhören, während dort, wo schlechte Isolierung der Mauern gegen Erdfeuchtigkeit der Grund der Bildung von Ausblühungen ist, diese nicht zu verschwinden pflegen; hier führt das Wasser stets neue Salzlösungen den Steinen zu, die diese infolge der Kapillarkraft aufsaugen und später zum Auskristallisieren bringen. Ob der eine oder andere Grund vorliegt, läßt sich nur durch Versuche nachweisen (vgl. S. 130), indem man Ziegel und Mörtel einer künstlichen Auswitterungsprüfung unterzieht[1]).

Obwohl der größte Teil der Ziegel frei von Ausblühungen bedingenden Salzen ist. so finden sich doch hin und wieder Steine, die solche zeigen. Dies läßt sich zurückführen auf: Salzgehalt des Tons, auf das zur Tonvorbereitung benützte Wasser. auf Brennverhältnisse, auf Feuergase, auf die Lagerung der Ziegel.

Im allgemeinen lassen sich die löslichen Salze durch einen richtig geleiteten Brennprozeß zerstören; hierdurch werden die Chloride, die schwefelsauren Salze, die Karbonate in gasförmige, entweichende Säuren und Basen zersetzt, die an der Silikatbildung teilnehmen; hierzu bedarf es bei Chloriden[2]) nasser Feuergase, bei Sulfaten einer reduzierenden Ofenatmosphäre, bei Karbonaten hoher Temperatur. Vanadinausschläge. fast nur bei den Braunkohlentonen vorkommend, können nur durch Brennen bis zur Sinterung, vollkommen verhindert werden. Auch können die Sulfate durch einen Zusatz von Barytsalzen in unlösliche Verbindungen übergeführt werden vgl. S. 260.

Überhaupt ist es von Wichtigkeit, die Steine hoch zu brennen, da neben der Zerstörung der schädlichen Salze hierbei der Stein auch eine geringere Porosität und somit eine verkleinerte Neigung zu Ausblühungen zeigt[3]). Deshalb zeigen die hoch gebrannten Verblender — nebenbei spricht hier auch die sorgsamere Vorbereitung des Materials mit — im allgemeinen nur wenig Ausschläge.

Auch auf den zum Mauern verwendeten Kalk ist zu achten; namentlich empfiehlt sich seine Ablaugung in offenen, frisch aufgeworfenen Erdgruben, deren Wände die im Löschwasser enthaltenen, von Natur aus im Kalk vorhandenen oder durch unzweckmäßiges Brennen erzeugten Salze mit diesem zugleich aufnehmen; nicht minder ist auf den zur Mörtelherstellung verwendeten Sand zu achten, der keine Beimengungen von Gips oder leicht zersetzlichen Silikaten, wie Feldspat und dergl. enthalten soll.

Die Ausblühungen haben, abgesehen von der Verschlechterung des Aussehens des Mauerwerkes insofern eine Schädigung für dieses zur Folge, als durch die allmählich in den äußeren Steinporen wachsenden Kristalle eine Sprengwirkung (ähnlich der des Eises) auf die Teilchen der Steinoberfläche ausgeübt wird, der manche, nicht allzufeste Steine nicht zu widerstehen vermögen. Die eintretende mechanische Zerstörung gibt

---

[1]) Ähnlich, wie auf S. 130 erwähnt, wird auch der Einfluß des Mörtels auf etwaige lösliche Salze und durch diese hervorgerufene Auswitterungserscheinungen am Ziegelstein dadurch bestimmt, daß man den Mörtel ziemlich trocknet, ihn zerkrümelt, und in den Brei bis zur Sättigung Kohlensäure leitet (um den Kalk in $CaCo_3$ überzuführen), und dann destilliertes Wasser zusetzt. Das meist trübe Wasser wird alsdann in einen Zylinder gegossen, der, mit seiner offenen Seite auf den Ziegel aufgesetzt, diesen mit Wasser sättigt; besitzt dieses lösliche Salze, so tritt eine Ausscheidung an der Steinaußenfläche ein. — Eine chem. Analyse bestimmt endlich die Art und Menge der im Mörtel enthaltenen Salze.

[2]) Chloride kommen seltener vor und sind leicht flüchtig oder so hygroskopisch, daß sie keinen festen Überzug bilden.

[3]) Es zeigt sich nicht selten, daß gerade Schwachbrandsteine Ausblühungen aufweisen, während aus demselben Material gewonnene, hochgebrannte Steine von solchen nicht betroffen sind.

sich durch Bildung kleiner, nur lose mit den Steinen in Verbindung stehender Schüppchen kund.

Eine Entfernung der Ausblühungen, die aus dem Mauerwerk selbst kommen, erfolgt am besten durch mehrfaches Abbürsten und Abspülen mit reinem Wasser, dem man nur bei Ausschlägen aus $CaCo_3$ auch Säuren zusetzen wird; sind jedoch die Auswitterungen durch außerhalb der Mauer liegende Gründe bedingt, so kann nur eine gute Isolierung und Abdeckung dieser gegen die schädigenden Einflüsse dauernd helfen.

Literatur-Nachweisung.

1. Handbuch der Ziegelfabrikation. Unter Mitwirkung von Baurat Fr. Hoffmann, bearbeitet von K. Dümmler. Halle a. S. Druck und Verlag von Wilhelm Knapp, 1900.
2. Handbuch der gesamten Tonwarenindustrie von Bruno Kerl. Dritte Auflage, bearbeitet von Eduard Kramer und Dr. Hermann Hecht. Braunschweig. Druck und Verlag von Friedr. Vieweg und Sohn. 1907.
3. Die keramische Praxis von J. W. Schamberger. A. Hartlebens Verlag. Wien, Pest, Leipzig. 1901.
4. Die Natur der Ziegeltone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart von Dr. H. Zwick. Verlag von Vieweg u. Sohn 1894. II. Aufl.
5. Die Keramik v. L. Wipplinger. Verlag A. Hartleben. II. Aufl. 1897.
6. Die Industrie der Silikate der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. G. Rauter. I. u. II. Sammlung. Göschen, Leipzig. 1904.
7. Die feuerfesten Tone von Dr. Karl Bischoff. III. Aufl. Leipzig 1904. Quandt u. Händel.
8. Die Fabrikation feuerfester Steine von Friedr. Wernicke. Berlin. Julius Springer. 1905.
9. Die Brennöfen für Tonwaren, Kalk, Magnesit, Zement u. dergl. mit besonderer Berücksichtigung der Gasbrennöfen von Ernst Schmotolla. Hannover, Verlag von Gebr. Jaenicke 1909.
10. Ziegelei-Anlagen und Ziegelfabrikation von A. Beck. Polyt. Verlag M. Hittenkofer, Strelitz in Mecklenburg.
11. Die Ziegelei von O. Bock. Verlag Paul Parey, Berlin.
12. Beachtenswerte Gesichtspunkte bei Ziegeleianlagen von A. Eckhart. Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S.
13. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Tone von Dr. C. Loeser. Halle a. S. Verlag Louis Nebert. 1906.
14. Kalkhaltige Tone, ihre Eigenschaften, Verhalten und Färbungen im Feuer von Dr. C. Loeser. Halle a. S. Verlag Louis Nebert. 1906.
15. Die Brennfarben der Tone von Dr. C. Loeser. Halle a. S. Verlag Louis Nebert. 1904.
16. Das Porzellan von Dr. R. Dietz. Halle a. S. Verlag von Wilhelm Knapp. 1907.
17. Steinzeug, Steingut und Töpferwaren von Dr. R. Dietz. Halle a. S. Verlag von Wilhelm Knapp. 1907.
18. Die Ausblühungen des Mauerwerks von Dr. H. Mäckler. Berlin. 1902. Verlag der Tonindustrie-Zeitung.
19. Tonindustrie-Zeitung. Berlin. Eigener Verlag. Erste Zeitschrift auf dem Gebiete der Keramik.
20. Handbuch der Baustofflehre von R. Krüger. I. Bd. S. 110—252. A. Hartlebens Verlag. Wien, Pest, Leipzig. 1899.
21. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Baustoffkunde von Dr. E. Glinzer. II. Aufl. Dresden. Verlag von G. Kühtmann. 1900.
22. Handbuch der Architektur. I. Teil, 1. Band, 1. Hälfte. 2. Aufl. 1895. Verlag von A. Bergsträsser, Darmstadt.
23. Gottgetreu. Lehrbuch der Baumaterialienkunde I. 3. Aufl. 1880. Verlag Springer, Berlin.
24. Rohstoffe und Erzeugnisse der Tonindustrie v. Dr. H. Hecht. Sonderabdr. aus dem Bayer. Industrie und Gewerbeblatte. 1900. Nr. 47—49.
25. Neuere Öfen der Kgl. Porzellan-Manufaktur zu Charlottenburg von Dr. A. Heinicke. Berlin. Verlag der Tonindustrie-Zeitung.
26. Prüfung von Ziegeltonen. Sonderabdruck aus der Tonindustrie-Zeitung aus dem chem. Laboratorium, für Tonindustrie. Berlin NW. Vortrag von Dr. Mäckler. 1900.

27. Hilfsquelle für Ziegeleien. Verlag der Tonindustrie-Zeitung. Berlin 1908.
28. A. Eckhart, Die Technik des Verblendsteins. I. Die Fabrikation. II. Die Technik des Verblenders und die Prüfung des Verblendmaterials. Halle a. S. Druck und Verlag von Wilhem Knapp. 1884.
29. Das Brennen der Ziegelsteine von K. Dümmler. II. Aufl. der Abhandl.: Das Anfeuern und der Betrieb des Ringofens von Baurat Friedrich Hoffmann. Halle a. S. Verlag von Wilhelm Knapp. 1904.
30. Zur Frage der Herstellung von Ziegeln großen Formats durch Handstrich im Vergleiche zur maschinellen Pressung. Gutachtl. Äußerung des Deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie E. V., zusammengestellt vom Vorstande. Verlag der Tonindustrie-Zeitung. Berlin 1902.
31. Untersuchungen über Auswitterungen an Ziegeln und Ziegelmauerwerk, deren Ursache und Verhütung, Inaugural-Dissertation von H. Günther 1896. Druck der Ratsdruckerei zu Güstrow.
32. Untersuchungsmethoden der in der Tonindustrie gebrauchten Materialien mit besonderer Berücksichtigung der häufig auftretenden Fabrikationsfehler, deren Ursachen und Verhütung von Dr. M. Stoermer. Freiberg i. S. 1902. Verlag v. Craz u. Gerlach (Joh. Stettner).
33. Laboratoriumsbuch für die Tonindustrie von Dr. H. Bollenbach. Halle a. S. Wilhelm Knapp. 1910.
34. Der Deutsche Backsteinbau der Gegenwart und seine Lage — auch eine Frage des Heimatschutzes von Dr. Albrecht Haupt. 12. verb. Aufl. Verlag Ludwig Degener. Leipzig. 1910.
35. Handbücher der keramischen Industrie für Studierende und Praktiker von C. Loeser. Halle a. S. Verlag L. Hofstetter. 1901. I. Die Rohmaterialien der keramischen Industrie. II. Aufsuchen, Abbohren und Bewertung der Lehm-, Ton- und Kaolinlager.
36. Über die keramischen Verblendstoffe von Dr. E. Michel. Halle a. S. Verlag Wilhelm Knapp. 1904.
37. Ziegel- und Tonwarenindustrie in den Vereinigten Staaten und auf der Columbus-Ausstellung in Chicago 1893, von R. Dümmler. Halle a. S. Verlag Wilhelm Knapp. 1894.

Profilbücher und Musterkataloge vieler Deutscher Maschinenbauanstalten, welche sich mit der Herstellung der Ziegelei-Maschinen befassen desgl. der Ziegeleien selbst

Sachverzeichnis.

(Nach dem Alphabet geordnet, die Ziffern bedeuten die zugehörenden Haupt-Seitenzahlen des Werkes.)

A.

Abschneideapparate für Strangpressen 291—292.
Albolith-Steine 203.
Annalytsteine 178.
Argilla-Zement-Mosaikplatten 170.
Arons Kalksandsteine 156.
Arten künstlicher Steine 119.
Asbestkunststeine 235—238.
Asbestschiefer 237.
Asbestzementplatten 236.
Asphaltpflastersteine 224—226.
Asphaltplatten 226—227.
Asphaltsteine und -platten 224—228.
Augustins Ofen 308.
Ausblühungen der Ziegelmauern und Steine 343—345.
Aussommern des Tons 272.
Auswintern des Tons 271.

B.

Bauhygiene-Isolierplatten 187.
Bauxitsteine 331.
Beton-Pflastersteine 167.
Bieberschwänze 331—332.
Bindevermögen des Tons (Prüfung) 268.
Bimskies 189.
Bocks Erdringofen 312.
Bocks Kanalofen 308—309.
Breccienmarmor-Nachahmung (Zement) 174.
Brechwalzwerke 276—277.
Brendels Gipspolygonplatten 186.
Brennen der Ziegel 302—313.
Brennofen-Trocknung (der Ziegel) 299.
Brennöfen zur Ziegelherstellung 305—313.
Brennprobe des Tons 269.
Brennstoffe beim Ziegelbrennen 305.
Brunnensteine 319.
Bruynsche Bauplatten 186.

C.

Cajalithsteine 203.
Carrarit 204.
Cassler Flammofen 308.
Chamottesteine 328—331.
Chemische Aufbereitung des Tons 273.
Classens Torfmoordach 239.
Crailsheimer Gipsstein 178.

D.

Dachsteine (Ziegel) 331—338.
Dämpfen der Steine 314.
Deckensteine (Ziegel) 320—321.
Desintegratoren 275.
Desintegrator-Walzwerk 277.
Deutscher Ofen 307.
Diabaskunststein (Roscher) 173.
Dorrys Prüfungsapparat auf Abnutzung 129.
Drahtziegel (Stauß) 321.
Dresdament 211.
Dübelstein (von Katz) 166.
Dunstrohre 343.

E.

Eckardts Ringofen 312—313.
Einsumpfen der Tone 272.
Eiprofile der Tonrohre 340.
Eisenformen 121.
Elapidator 283.
Engobieren der Ziegelsteine 314.
Erdtrocknung der Ziegel 297.
Erhärtungskessel 150—151.
Estrich-Gips 176.
Eudapedon 211.

F.

Falconier Glasbausteine 231.
Falzziegel 334.

Falzziegelpresse 293–294.
Faust-Glasbausteine 232—233.
Feldbrandofen 306.
Feuerfeste Magnesitsteine 202.
Feuerglasierte Kalksandsteine 156.
Feuersicherer Ton 254—255.
Firstziegel 334.
Flachziegel 331–332.
Flintkunststein 173.
Flußmittel für Ton 263.
Formate der gewöhnlichen Ziegel 317—318.
Formen der Kunststeine 120–121.
Formsteine (Ziegel) 319—322.
Formstücke der Tonrohre 340–341.

G.

Gasheizung des Ringofens 313.
Geolith 240.
Gewichts- und Raumangaben gewöhnlicher Ziegelsteine 316.
Gipsdielen 183–186.
Gipsformen 121.
Gips im Ton 259.
Gipskunststeine 176.
Glasbausteine 228–234.
Glasdachziegel 334.
Glasieren der Steine 315.
Glasuren 315.
Glattwalzwerke 276.
Granitkunststein 137.
Granitoidplatten 173.
Granitplatten (Zementkunststein) 174.
Granulieren der Schlacke 194—195.
Graus Kunstmarmor (Gips) 179.
Graufärben der Steine 314.
Grotes Kunsttuffsteine 194.
Grotes plastische Asbestmasse 235.
Gummifliesen 241.

H.

Härtung der Kunststeine 164.
Hakenverblender 327.
Handnachpresse 286.
Handstreichen der Ziegel 284–285.
Hartglasbausteine Faust 232—233.
Hartmarmor (Gips) 177.
Hatt-Turnerscher Apparat zur Prüfung der Abnutzung 129.
Hauenschilds Hydrokalkstein 134.
Hoffmanns Ringofen 309—312.
Hoffmanns Verfahren zur Herstellung leichter Steine 192—193.
Hohlziegel 319.
Holzgranit 211.
Holzseilbretter 186.
Holzwell-Dielen 187.
Hourdi-Steine 321.
Hydrokalkstein 134.
Hygiena-Fußboden 211.

I.

Ichyrota-Kunstsandsteine 162.
Infusoritkorkplatten 221.
Inkrustatstein 137.

K.

Kalkaschenziegel 199.
Kalkolith-Kunststein 240.
Kalksandasphaltsteine 156.
Kalksandsteine 140.
— Allgemeines 140—141.
— chemische Fragen 141—142.
— Eigenschaften 153—155.
— Erhärtung 150—151.
— Färben 151—153.
— Herstellung 145–150.
— Prüfung 157—162.
— Rohmaterialien 143–145.
Kalksandstein-Abarten 155—157.
Kalksandsteine mit Eiseneinlagen 157.
Kalksandstein-Prüfung auf Feuersicherheit 125.
Kaminsteine 319.
Kanal-Sohlsteine 340.
Kaolin 254.
Kaseinsteine 240.
Kehl-Ziegel 334.
Keilsteine 319.
Keramosteine 234.
Klebers Kunststein 240.
Klinkerplatten 328.
Klinkersteine 327—328.
Klosterformat 318.
Knauffs Tonplatten 346.
Kochsalzglasur (Tonrohre) 315.
Kohlensaurer Kalk im Ton 261.
Kokolithplatten 186.
Kollergänge 274.
Konservierungsmittel 122.
Korkeiche 212.
Korkment 221.
Korkolith 211.
Korkpflaster 222.
Korksteine 212—224.
— Eigenschaften 218—220.
— Prüfung 222—224.
— Verwendung 220—221.
— Wärmedurchgang u. seine Bestimmung 214—218.
Kunstgranit 137.
Kunstkalksteine 132, 135, 204.
Kunstmarmor 239.
— (Gips) 180—183.
— (aus Zement) 173—174.
Kunstsandsteine 132, 135, 162, 204.
Kunsttuffsteine 192—194.

L.

Lampels (Zement-) Kunststein 174.
Lehm 256.
Lehmsteine 239—240.
Leichtstein von Cordes 238.
Leimformen 121.
Leimwasser zum Anmengen der Gipssteine 180.
Letten 256.
Lignolith 211.
Lithoidsteine 241.
Löß 256.
Löws Kunststein 239.
Lüftungs-Dachziegel 334.

M.

Mäcklers Prüfung auf lösliche Salze 130.
Magerungsmittel für Ton 262—263.
Magnesia-Asphalt-Kunststein 205.
Magnesiakalkzement 202.
Magnesiazement 202.
Magnesitbauplatten 206—208.
Magnesitbausteine 203.
Magnesitsteine (feuersichere) 202.
Magnesiumkunststeine 202—211.
Majolikafliesen 342.
Mansfelder Kupfer-Schlacken-Steine 200.
Marmorartiger Asbestkunststein 236.
Marmor, Nachahmung aus Gips 180—183.
Maschinelle Aufbereitung des Tons 273—283.
Matrize 121.
Mauersteine (Ziegel) gewöhnliche 316—319.
Metallik-Pflaster 199.
Meurer-Steine (Schwemmsteine) 191.
Mineralisierung von Sägespänen 175.
Mischmaschinen 120, 146—148.
Mosaiksteine aus Ton 328.
Müller-Pfeifersche Kanal-Trockenanlage 300—301.
Muffelofen 313.
Muffenrohrpresse 289.
Mundstücke der Strangpressen 290—291.

N.

Nachgepresste Steine 285.
Nachgeschnittene Steine 285.
Nachpressen 286—287.
Neefgens Kunsttuffsteine 194.
Neelsens Gips- (Zement-) Dielen 187.
Nockenwalzwerke 277.
Nonnen- (u. Mönch-) Steine 332.

O.

Österr. Normal-Ziegel-Format 318.
Ofenkacheln 343.
Organische Verunreinigungen im Ton 260.

P.

Papierkorksteine 221.
Papyrolith 210.
Pfannendachsteine 332—334.
Pfeilersteine (Ziegel) 319.
Pflasterklinker 328.
Plastizität des Tons (Prüfung) 267—268.
Plattenschablone 121.
Pochwerke 278.
Pressen 121.
— für Ziegel 285—289.
— (Kalksandsteine) 148—150.
Primäre, sekundäre, tertiäre Tonlager 253.
Prüfung der Kunststeine 122 ff.

R.

Rationelle Tonanalyse 265.
Revolver-Falzziegelpresse 293.
Rheinische Schwemmsteine 189—192.
Rohmaterial 176—177.
Rollenpresse (für Ziegel) 289.

S.

Säulenummantelungssteine (Ziegel) 319.
Sägemehl (Torf usw.), Kunststein aus Gips 179—180
Sägespäne in Zementkunststeinen 174—175.
Scagliolplatten 186.
Scallas Anschlußmuffen 340.
Schädliche Beimengungen im Tone (Bestimmung) 270.
Schieferabfall-Steine 238—239.
Schilfbretter 186.
Schlackensteine (gegossene) 199—201.
Schlackenwolle 198.
Schlackenwolle-Steine 198.
Schlackenziegel 194—199.
— (besondere) 197.
Schlagwerke (Ton) 281—282.
Schlämmapparate 280—281.
Schlämmprobe des Tons 266—267.
Schwarzsche Aufbereitungsmaschine 144—147.
Schwefelkies im Ton 260.
Schwemmsteine (künstliche) mit Gips 191.
— (Rheinische) 189—192.
Schwindmaß des Tons (Prüfung) 268.
Sedimentation (Tonprüfung) 266.
Seeschlick-Steine 239.
Segerkegel 303—305.
Silika-Steine 155.
Sinkkästen in Ton 342.
Skrobaneks Torfstein 238.
Sorelscher Zement 202.
Sortiermaschinen 120.
Sprengtafeln 186.
Spülbecken 343.
Stallsteine (Ziegel) 321.

Steinholz 208—210.
Steinmühlen 120.
Strangpressen 287—289.
— für Dachziegel 289.
Strucks Steinmasse 136.
Stuckgips 176.
Stufenpresse 287.

T.

Tabelle der Mauersteinmengen 316—317.
Teilsteine der gewöhnlichen Ziegel 318.
Terrakotten 343.
Terralith 211.
Terranova-Kunststeine 178.
Terrazzo (Zement) 174,
Töpferton 255.
Tonablagerung in der Natur 252—254.
Tonarten 254—256.
Tonaufbereitung 271—273.
Tonbeimengungen (schädliche) 258—262.
Tonfärbung beim Brennen 257—258.
Tongewinnung 268—270.
Tonlagerentstehung 250—252.
Tonmergel 255—256.
Ton- (Rohton-) Prüfung 264—270.
Tonrohre (Formstücke) 340—341.
— (Gabeln) 339—340.
— (gerade) 338—339.
Tonrohrpreise 339, 340, 342.
Tonschneider 278—280.
Tonsubstanz 252—253.
Torfkunststeine 238.
Torgament 210.
Transportvorrichtungen auf Ziegeleien 295—296.
Trockengerüste (Ziegel) 297—298.
Trockenpresse für Ziegel 292—294.
Trockenscheune (für Ziegel) 299.
Trocknen der Ziegel 296—301.
— in Kammern (der Ziegel) 299—301.
Trommelwerke (Ton) 282.
Trottoirklinker 328.
Turners Zementkunststein 174.

U.

Überschieber für Tonrohre 340.
Uhlichs Tonreiniger 283.

V.

Vanadium 259, 343—344.
Verblender (Normal-Formsteine) 326—327.
-- (Ziegel) 323—326.
Viottis Gipsstein 179.
Voltzsche Masse 188—189.
— Patentmasse, Prüfung auf Feuersicherheit 126.

W.

Walmziegel 334.
Walzenwerke (Ton) 275—278.
Wasserglas als Bindemittel 135.
Werner-Pfleidersche Mischmaschine 146.
Wurlitzit 138.

X.

Xylolith 208—210.
Xylopal 211.

Z.

Zementdielen 170.
Zementfliesen 168.
Zementkunststeine 162—175.
— Anwendungsgebiete 165.
— Härtung 164.
— mit Sägespänen 174—175.
Zement-Mosaik-Terrazzo 174.
Zementplatten 168.
Zerkleinerungsmaschinen 119—120.
Zickzackofen 312.
Ziegel (gewöhnliche) Druckfestigkeit 319.
— — Eigenschaften 318.
— (poröse) 319.
Ziegelfliesen 342—343.
Ziegelsteine, Geschichtliche Entwickelung 247—250.

LEHRBUCH

DER

BAUMATERIALIENKUNDE

ZUM GEBRAUCHE AN

TECHNISCHEN HOCHSCHULEN UND ZUM SELBSTSTUDIUM

VON

MAX FOERSTER
ORD. PROFESSOR FÜR BAUINGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

HEFT III

DAS HOLZ

MIT 16 ABBILDUNGEN IM TEXT

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1911

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Königl Universitätsdruckerei von H. Stürtz A. G., Würzburg.

F 3

Vorwort.

Der vorliegende dritte Teil des Lehrbuches für Baumaterialienkunde befaßt sich mit dem Gebiete des Holzes. Neben einer kurzen, aber für das Verständnis der Eigenschaften dieses Baustoffes notwendigen Abhandlung über den Aufbau und das Gefüge des Holzes werden ausführlicher die wichtigsten chemischen und physikalischen Eigenschaften besprochen, wobei naturgemäß alle die Fragen herausgehoben werden, welche in Verbindung mit der baulichen Verwendung des Holzes stehen und für diese von grundlegender Bedeutung sind. Hieran schließt sich zunächst eine Besprechung der wichtigeren Holzarten selbst, alsdann ein Abschnitt über die Vorbereitung, Bearbeitung, Austrocknung und Konservierung des Holzes; weiter ist das Holz als Handelsware (Bauholz) besprochen, und endlich der letzte Abschnitt den Fehlern und den Gefährdungen des Holzes durch Faulen, Schwamm, Feuer und Wurmfraß, sowie anschließend der bautechnischen Prüfung des Holzes gewidmet.

Auch bei der vorliegenden Lieferung war es das Bestreben des Verfassers, für den Architekten und Bauingenieur das Wichtigste über das Holz als Baustoff in dem für die Praxis notwendigen Umfange übersichtlich zur Darstellung zu bringen, ohne sich allzusehr mit den technologischen Fragen zu befassen. Möge in diesem Sinne die Lieferung den Beifall der Fachgenossen finden. Der Verlagsfirma Wilhelm Engelmann spreche ich schließlich auch für die Ausstattung dieser Lieferung meine besondere dankbare Anerkennung aus.

Dresden im März 1911.

Professor **M. Foerster.**

Die außenstehenden Seitenzahlen beziehen sich auf das gesamte Lehrbuch, die innenstehenden nur auf den vorliegenden Teil desselben.

Inhaltsverzeichnis.

Das Holz. Seite

Kapitel XIX. Der Aufbau und das Gefüge des Holzes, seine wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften . . . . . 351—363

§ 61. Aufbau und Gefüge des Holzes . . . . . 351—354

§ 62. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Holzes . . . . . 354—363

Kapitel XX. Die bautechnisch verwendeten Holzarten und ihre Haupteigenschaften . . . . . 363—370

§ 63. Die Nadelhölzer . . . . . 363—365

§ 64. Die Laubhölzer . . . . . 365—370

Kapitel XXI. Die Bearbeitung und Vorbereitung des Holzes und das Holz als Bauholz . . . . . 370—385

§ 65. Die Bearbeitung und Vorbereitung des Holzes . . . . . 370—374

§ 66. Das Holz als Bauholz (Handelsware) . . . . . 374—385

Kapitel XXII. Fehler und Gefährdungen des Holzes; ihre Erkennung, Verhütung und Beseitigung, bautechnische Prüfung des Holzes . . 385—397

§ 67. Die Gefährdung des Holzes durch Faulen, Hausschwamm, Feuer, Wurmfraß 385—394

§ 68. Die bautechnische Prüfung des Holzes. . . . . 394—397

Literaturnachweisung . . . . . 397—399

Sachverzeichnis . . . . . 400—402

III. Abschnitt.

Das Holz.

Kapitel XIX.

Der Aufbau und das Gefüge des Holzes, seine wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften.

§ 61. Aufbau und Gefüge des Holzes[1]).

Das Holz — eine ungleichmäßig dichte Masse — zeigt einen Zellenbau, bestehend aus einzelnen, mehr oder minder kleinen und durch gemeinsame Scheidewände getrennten Hohlräumen, Zellen, d. s. mikroskopisch kleinen, mit einer zarten Haut umschlossenen Bläschen, meist gefüllt mit Flüssigkeit; durch den Zusammenschluß solcher Zellen unter gleichzeitiger Verdickung ihrer Wandungen entsteht das Holz; hierbei bleiben wenige Stellen der Zellenwände durch Offenhaltung kleiner Kanälchen, welche dem Saftaustausch zu dienen haben, unverdickt.

Von den Zellen werden 3 Hauptarten unterschieden:

1. Die Tracheen. Sie dienen beim lebenden Holze der Fortleitung des Wassers und vereinigen sich zu röhrförmigen Körpern von stets ungleichmäßig verdickter Wand; sie sind entweder ringsum geschlossene Zellen „Tracheiden" oder röhrenförmige Gebilde „Gefäße". Die ersteren haben meist längliche Gestalt mit zugespitzten Enden; je nach ihrer mehr oder weniger länglichen Form unterscheidet man Faser- oder Gefäß-Tracheiden. Während sie bei Laubhölzern meist weniger als 1 mm Länge aufweisen, zeigen sie bei Nadelhölzern Längen bis zu mehreren Millimetern.

Die Gefäßzellen — in Form zusammenhängender Zellenreihen ausgebildet. — sind infolge Durchbrechung der Endflächen der Gefäßglieder entstanden; die Längen solcher Gefäße sind sehr verschieden, schwanken von wenigen cm bis zu mehreren Metern, können sich auch auf die ganze Länge des Holzes erstrecken; in gleicher Weise ist die Weite der Gefäße in weiten Grenzen veränderlich, auch bei demselben Holze; bei Hölzern mit Jahresringen nimmt sie ganz allgemein vom Frühjahrs- zum Herbstholz

[1]) Vgl. hierzu: Die Rohstoffe des Pflanzenreiches von Prof. Dr. J. Wiesner, 2. Aufl. II. Bd. Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1903. 17. Abschn., Hölzer, bearbeitet von Karl Wilhelm, Prof. der Botanik a. d. k. k. Hochsch. f. Bodenkultur in Wien.

ab[1]). Je weiter die Gefäße, um so geringer ist i. d. R. ihre Länge. Vielfach besitzen die Gefäße keinen besonderen Inhalt; sie können aber auch namentlich im Kern- und Reifholz (vergl. weiter unten) durch Einlagerung von Harz und Gummistoffen, Gerbsäure usw. sich in Füllzellen umwandeln.

Gefäße kommen nur bei Laubhölzern vor, hier nicht selten die einzige Form von Tracheen-Zellen bildend.

2. Parenchymzellen. Sie dienen dem Stoffwechsel im Holze und der Aufspeicherung von Nährstoffen und enthalten, namentlich in der Zeit der Wachstumsruhe, so lange sie die vorstehende Tätigkeit ausüben, Stärkemehl, Gerbstoffe, Harz usw. Im Kernholze ist dieser Inhalt abgestorben, bezw. in, die Zellen verhärtenden und verfärbenden Kernstoff umgewandelt; die hier liegenden Zellen dienen also nicht mehr zur Ernährung des Baumes.

In den einzelnen „Holzsträngen" sind die kurzen Parenchymzellen i. d. R. zu länglichen Fasern vereinigt, dem sogen. Strangparenchym.

3. Sklerenchymfasern. Sie zeigen faserige, langgestreckte Gestalt mit dünner oder dickerer Wandung und bedingen wesentlich die Festigkeit des Holzes.

Während die zu 1 u. 2 genannten Zellen keinem Holz fehlen, finden sich Sklerenchymfasern nur bei Laubbäumen, allerdings den meisten von ihnen.

Um die Anordnung der Zellen im Holze und die hierdurch bedingten Strukturverhältnisse dieses beurteilen zu können, werden drei verschiedene Schnitte zum Holze gelegt:

a) Der Quer- oder Hirnschnitt, senkrecht zur Stammachse geführt.

b) Der Radial- oder Spiegelschnitt, — ein Längsschnitt, durch die Achse des Stammes und einen Querschnitt-Halbmesser gegeben.

c) Der Tangential- oder Sehnenschnitt durch die Sehne eines Querschnittes und parallel einem durch die Stammachse gelegten Längsschnitte geführt, also einen Jahresring tangential berührend.

Je nach der Anordnung der Zellen im Holze werden unterschieden:

1. Markstrahlen. Sie zeigen sich am deutlichsten im Schnitte b, weisen hier die Form einzelner, mauersteinartiger Vierecke, „Spiegel", auf und verlaufen im Querschnitte radial, während sie im Tangentialschnitte, der sie also nahe ihrem Ende senkrecht zu ihrer Richtung trifft, als einfache oder mehrschichtige Zellenreihe auftreten. Die meist aus Parenchym, bei manchen Nadelhölzern zudem aus Tracheiden bestehenden Markstrahlen sind bei Nadelholz fast stets von feinen Hohlgängen begleitet, die der Harzführung dienen, bei der „Kernbildung" aber verstopft werden. Von der Länge und Breite der Markstrahlen wird der Verlauf der Holzfasern erheblich beeinflußt; bei vielen langen und schmalen Markstrahlen verlaufen die Fasern gerade und parallel, hierdurch eine leichte Spaltbarkeit in der Richtung der Markstrahlen — wie z. B. bei den Nadelhölzern — bedingend; hingegen sind Hölzer mit kurzen, gebauchten Markstrahlen schwerer spalt- und bearbeitbar.

2. Holzstränge (Holzfasern), in radialen Reihen sich aufbauend, im Längsschnitte nebeneinander stehend und somit die Richtung der Markstrahlen kreuzend.

Bei den Nadelhölzern beteiligen sich an ihrem Aufbau meist kurze Parenchymzellen (Strangparenchym) neben den vorwiegenden Tracheiden; erstere sind nur bei — vorhandenen Harzgängen — also manchen Nadelhölzern — in erheblicherer Menge vor-

[1]) Nur Gefäße mit größerer Weite als 0,1 mm vermag man noch mit unbewaffnetem Auge als Poren im Querschnitte, als deutliche Rinnen im Längsschnitte zu erkennen.

handen[1]); solche Gänge treten alsdann bei ihrer Kreuzung mit den Markstrahlharzgängen mit diesen in offene Verbindung.

Bei den Laubhölzern enthalten die Holzstränge fast stets von Strangparenchym umgebene Gefäße, die als weiteste Elemente im Holzkörper auftreten und ihn gegenüber dem Nadelholze hierdurch hervorheben. Dies Vorhandensein von Gefäßen ist für die äußere Erscheinung des Laubholzes bezeichnend, da dieses hierdurch im Querschnitte Poren, im Längsschnitte gerade oder gekrümmte, feine Furchen erhält.

Das Frühjahrsholz enthält die meisten, das Herbstholz die wenigsten Gefäße, die regellos oder nach Reihen und Gruppen zusammengefaßt sein können, wodurch bezeichnende Färbungen des Holzkörpers, Streifen, Flammung usw. hervorgerufen werden können.

Bei Betrachtung der äußeren Struktur des Holzes, soweit diese mit unbewaffnetem Auge — oder unter Zuhilfenahme der Lupe — zu erkennen ist, sind zu unterscheiden:

1. Das Mark und die Markstrahlen.
2. Die durch einzelne Ringe mehr oder weniger zentrisch zerteilte eigentliche Holzmasse.
3. Die Innen- (Bast) und Außenrinde.

1. Das in den alten Stämmen wenig auffällige Mark zeigt bei den meisten Hölzern einen Durchmesser von nur wenigen (1—2) Millimetern. Von ihm gehen die, für die einzelne Holzart oft bezeichnenden Markstrahlen aus, namentlich im Radialschnitte deutlich hervortretend, meist bei demselben Holze verschieden groß und z. T. mit bloßen Augen, z. T. nur mit bewaffnetem Auge erkennbar. Während viele der Laubhölzer deutlich sichtbare Markstrahlen aufweisen, — so z. B. die Eiche —, lassen sich solche bei den Nadelbäumen nur unter entsprechender Vergrößerung erkennen.

2. Die Jahresringe sind bedingt durch die Aufeinanderfolge von minder dichtem, alsdann meist hellerem und festem, dunklerem Holzgewebe, das in Form einzelner, zum Stammittelpunkte meist konzentrischer Ringe sich mit dem Wachstum des Baumes von innen nach außen im Frühjahr bzw. im Herbste bildet und demgemäß auch die Benennung Frühjahrs- und Herbstholz oder Früh- und Spätholz führt.

Im Frühjahr steht der Baum, bedingt durch die größte Feuchtigkeit des Erdreiches und die verringerte Verdunstung seines Wassers in hohem Saftgehalte; hierdurch werden die sich alsdann neu ansetzenden Holzzellen weich, groß und meist hellfarben, während im Sommer und Herbst — bei erheblich verringertem Feuchtigkeitsgehalte der Umgebung und des Stammes und starker Verdunstung — die entstehenden Zellen weniger wasserreich und somit härter, kleiner und meist auch dunkler sind. Da auf dies Spätholz später im Frühjahr unmittelbar wieder das hellere, weiche Frühholz folgt, so bilden sich hierdurch meist deutlich voneinander abgesetzte „Jahresringe", die namentlich bei den Nadelhölzern mit großer Klarheit auftreten. —

Auf den Längs- und Tangentialschnitten erscheinen diese Jahresringe als mehr oder weniger deutliche, parallele oder auch stark gegeneinander verschobene, dunklere und hellere Längsstreifen.

Im Holzkörper der meisten Bäume verändert sich im Laufe der Zeit der innere ältere Holzkörper gegenüber dem jüngeren in bezug auf Substanz, Dichtheit und Farbe, wodurch sich der äußere Teil, der Splint, von dem inneren, dem Kern[2]) scheidet.

[1]) Die nächste Umgebung solcher Harzgänge besteht nur aus Parenchymzellen.

[2]) Ist der Kern nicht erheblich dunkler als der ihn umgebende Splint (wie z. B. bei der Tanne und Fichte), so spricht man auch von Reifholz.

Letzterer ist i. d. R. wasserarmer, fester und stellt somit den wertvolleren Teil des Querschnittes dar.

3. Während die im Innern des Stammes gelegenen Zellen sich durch Teilung vermehren, sind die den Bast und die Rinde bedingenden äußeren Zellen sogen. Dauergewebe, die sich nicht weiter teilen, sondern nur dadurch wachsen, daß sie aus dem Zellsaft neuen Zellstoff bilden. Je nachdem eine solche Fortentwickelung noch stattfindet (in den nach innen liegenden Rindenteilen) oder die Zellen abgestorben sind, unterscheidet man die lebende Rinde und die Borke des Baumes. Hier treten auch sogen. Steinzellen auf, welche mit stark verdickten und verholzten Wandungen die größere Festigkeit der Rinde bedingen.

Die Ernährung des Baumes erfolgt vorwiegend durch Wasser, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und mineralische Bestandteile des Bodens, unter letzteren namentlich salpeter-, schwefel- und phosphorsaure Salze. Infolge der Verdunstung des Wassers durch die Blätter usw. des Baumes wird ein Aufsteigen des Wassers in diesem von unten nach oben bewirkt, wobei es die vorgenannten Salze, bzw. Stickstoffverbindungen in Lösung den Teilen des Baumes zuführt. Zugleich entnimmt der Baum Kohlenstoff aus der Luft-Kohlensäure und nach deren Zersetzung, sowie unmittelbar aus der Luft auch Sauerstoff, der zudem auch durch das Wasser nach dessen chemischer Zerlegung zugeführt wird. Unter allen diesen verschiedenartigen Einflüssen findet die Bildung der Nährsubstanz, vorwiegend aus C, H, N und O bestehend, in den chlorophyllhaltigen Zellen — also in Blättern und Nadeln — statt, und zwar in Form von Stärke, die, von hier wieder fortgeführt, in die Wachstumszellen zu erneuter Energieentfaltung gelangt.

In den chlorophyllhaltigen Zellen findet — aber nur hier und ausschließlich unter Einwirkung des Lichtes — eine Abgabe von Sauerstoff statt, während sonst der Baum im allgemeinen — bei Tag und bei Nacht — Kohlensäure an die Luft abgibt und aus ihr sowie dem Wasser Sauerstoff — wie vorerwähnt — entwickelt oder aufnimmt, dessen die Ernährung des Baumes für ihre wichtigen Oxydationsvorgänge ebenso notwendig wie des Wassers bedarf. Dieses Aufnehmen von O und Abgeben von CO_2 wird für gewöhnlich mit dem Ausdrucke „Atmung“ bezeichnet.

§ 62. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Holzes.

Die Zellwandung des Holzes, ein — wie vorerwähnt — feines Zellgewebe, besteht, chemisch betrachtet, aus reiner Zellulose, bzw. in verholztem Zustande aus dem dieser ähnlichen und nur durch einen höheren C- und wenig geringeren O-Gehalt bezeichneten Lignin. Zellulose selbst setzt sich aus 44,4 v. H, Kohlenstoff, 6,2 v. H. Wasserstoff und 49,4 v. H. Sauerstoff zusammen.

An organischen Bestandteilen finden sich noch, wenn auch an Gewicht recht unbedeutend im Holze: Eiweiß, Zucker, Stärke, Dextrin, Gerbsäure, Öle, Harze (Gummi) usw., und zwar meist in gelöster Form und im Safte des Baumes enthalten. Von ihnen sind es die Eiweißstoffe, welche am leichtesten der Zersetzung unterliegen und somit zur Zerstörung des Holzes beizutragen vermögen, während Gerbstoffe, Harze und Öle in dieser Hinsicht günstig, d. h. das Holz erhaltend, wirken, namentlich einerseits durch Überführung der Eiweißstoffe in unlösliche Verbindungen und andererseits durch eine Erschwerung des Eindringens der Atmosphärilien von außen her.

Die mineralischen Bestandteile anorganischer Art setzen — nach Entweichung der organischen in Form von Gas — die „Asche" zusammen; im allgemeinen ist der Aschengehalt, der überhaupt verschwindend gering ist (unter 1 v. H. beim lufttrockenen Holze), beim Laubholze etwas höher als bei den Nadelbäumen, desgleichen größer bei frischem Holze als bei älterem, ferner höher in der Rinde als im Innern des Stammes.

Naturgemäß sind die mineralischen Bestandteile auch abhängig von der Beschaffenheit des Bodens, dem Klima, dem Wachstum des Baumes, seinem Entwickelungszustande, seiner Gesundheit usf. Im allgemeinen befinden sich in der Asche: kohlensaurer Kalk, Soda, Pottasche, Chlornatrium, schwefelsaures Natrium, Magnesia, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, phosphorsaures Eisenoxyd und Aluminium- (auch Mangan-)oxyd, sowie Kieselsäure.

Sehr verschieden ist der Wassergehalt des Holzes, und zwar nicht nur bei verschiedenen Arten dieses, sondern auch bei demselben Holze; hier sprechen neben klimatischen und Boden-Verhältnissen Witterung, Jahreszeit [1]), Wachstum und Gesundheit des Stammes mit. Im Durchschnitte kann die Wassermenge eines lebenden Baumes zu etwa der Hälfte seines Gewichtes angenommen werden, während bei an der Luft und unter Schutz getrocknetem Holze nach einem Jahre etwa noch rd. 1/4 des Gesamtgewichtes durch Wasser gebildet wird, von dem nach mehrjähriger Luftrocknung immer noch 3/5 bis 2/5 im Holze verbleiben; erst eine lange andauernde, gleichmäßige Erwärmung von etwa 20° C vermag den Wassergehalt bei Nadelholz auf rd. 10, bei Laubholz auf rd. 8 v. H. zu vermindern. Bei diesem Austrocknen verliert das Holz zwischen 30 und 60 v. H. an Gewicht.

Als mittlere chemische Zusammensetzung des lufttrockenen Holzes kann man etwa in Teilen vom Hundert annehmen: 39,6 C, 4,8 H, 34,8 O und N, 0,8 Asche und 20 Wasser.

Bei den **physikalischen Eigenschaften** des Holzes kommen in Frage:

a) Das Raumgewicht, b) die Härte, c) die Elastizität, d) die Festigkeit, e) die Spaltbarkeit, f) die auf der Entziehung bzw. Zufügung von Wasser beruhenden Eigenschaften des Schwindens und Quellens, g) die Wärmeleitung und -Ausdehnung, h) die Beständigkeit und Dauer, endlich i) Glanz, Farbe und Zeichnung der Holzflächen.

a) Das Raumgewicht der Hölzer.

Wie vorerwähnt wurde, ist der Wassergehalt des Holzes eine von den mannigfachsten Verhältnissen abhängige, sehr verschiedene Größe, und dementsprechend auch das Raumgewicht stark veränderlich. Neben dem verschiedenen Gehalte an Wasser kommen zudem noch als auf das Raumgewicht einwirkende Faktoren in Frage: Einfluß des Standortes des Baumes [2]), Schnelligkeit oder Verlangsamung des Wachstums, Zeit des Fällens des Baumes.

---

[1]) Die Meinung, daß der Saftreichtum der Bäume im Frühjahr am größten sei, ist, abgesehen von der Tanne, bei der dies der Fall ist, nach Versuchen von Hartig, nicht zutreffend. Aus ihnen zeigt sich, daß die Hölzer im Dezember und Januar am saftreichsten sind. Es ergibt sich im Durchschnitte:

Wassergehalt in Hunderteilen vom Gewicht im								
Dezember und Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	September	November
51,3	49,6	47,6	46,3	48,6	47,6	49,6	47,6	44,3

Zum Vergleiche wurden herangezogen: Eiche, Rotbuche, Weißbuche, Ulme, Ahorn, Birke, Kiefer, Fichte, Lärche.

[2]) Nach Norden stehende Bäume zeigen größeres Raumgewicht als die an der Südseite gewachsenen.

Über die Größe des Raumgewichtes gibt die nachstehende Zusammenstellung für die meist baulich verwendeten Hölzer Auskunft; sie enthält die Gewichte eines Kubikmeters Holz und zwar zunächst einen für statische Berechnungen empfehlenswerten Mittelwert, alsdann in grünem, etwa 45 v. H. Wasser haltendem Zustande, weiter für Lufttrockenheit (10 bis 15%) Wasser und endlich nach einer künstlichen bei rd. 110° C bewirkten Dörrung.

Nr.	Holzart	Empfehlenswerter Mittelwert für statische Berechnungen kg/cbm	Gewicht kg/cbm im grünen Zustande (45% Wassergehalt)	Gewicht kg/cbm im lufttrockenen Zustande (10–15% Wassergehalt)	Gewicht kg/cbm im künstlich getrockneten Zustande im M. (bis etwa 110° C)
1	Eiche	800	900—1300	700—1000	640
2	Pechkiefer	800	—	780—1030	—
3	Weißbuche	760	920—1250	620—900	690
4	Buche (Rotbuche)	750	850—1100	600—900	560
5	Esche	740	700–1140	540—940	610
6	Yellow-pine	700	—	700	—
7	Ahorn	680	830—1050	530—810	610
8	Ulme	650	900 i. M.	700 i. M.	510
9	Lärche	650	800 i. M.	620 i. M.	440
10	Erle	600	600–1000	450—700	425
11	Kiefer	600	900 i. M.	650 i. M.	780
12	Tanne	550	900 i. M.	600 i. M.	500
13	Fichte	500	900 i. M.	400—600	430
14	Pappel	500	610—1100	350—700	350
15	Linde	460	580—880	320—600	410

Zu sehr leichten Hölzern ($r \leqq 0{,}5$) kann man die Linde und Fichte, zu leichten ($r = 0{,}5$—$0{,}6$) Erle, Pappel, Kiefer und Tanne rechnen, während als mittelschwer ($r = 0{,}6$—$0{,}7$) Ulme, Ahorn und Lärche, als schwer ($r = 0{,}7-0{,}8$) Esche, Rot- und Weißbuche, ausländische Kieferarten und endlich als sehr schwer ($r \geqq 0{,}8$) Pechkiefer, Eiche und ihr verwandte ausländische Holzarten[1]) zu bezeichnen sind.

Es liegt auf der Hand, daß die Größe des Raumgewichtes auch mit anderen Eigenschaften des Holzes, namentlich seiner Härte und seinen Festigkeitsverhältnissen in enger ursächlicher Beziehung steht.

b) Die Härte. Diese ist vorwiegend von der Weite, Wanddicke und der Richtung der einzelnen Holzfasern abhängig; in ersterer Hinsicht ist es also — wie oben angedeutet — das Raumgewicht, welches einen maßgebenden Einfluß auf die Härte ausübt; im allgemeinen kann man die Regel aufstellen, daß, je schwerer das Holz ist, um so größer auch seine Härte — also der Widerstand, den es dem Eindringen eines Fremdkörpers entgegensetzt, — ist. Hieraus folgt auch, daß Kernholz härter ist als Splintholz, daß die Härte bei langsamem Wachstum, also engen Jahresringen, größer ist als bei schnellem Wachsen, daß die gleichen Verhältnisse zwischen Spät- und Frühholz obwalten usw.

In ähnlicher — wenn auch nicht so maßgebender Weise spricht auch die Faserrichtung mit: langfaseriges Holz zeigt i. M. größere Härte als solches mit kurzen Fasern, ein wellenförmiger Faserverlauf vermehrt die Härte u. s. f.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die in der voranstehenden Tabelle unter 1—5 aufgeführten Holzarten zu den harten, die Hölzer 6—13 zu den weichen und die

[1]) Hier ist u. a. das Pockholz zu nennen, das bei einem Raumgewichte von 1,4 zu den schwersten Hölzern gehört.

Nr. 14 und 15 zu den sehr weichen gehören. Während die ersteren vorwiegend zu Baulichkeiten im inneren Ausbau oder zu Drechslerarbeiten Verwendung finden, werden die weichen Hölzer hauptsächlich zu Zimmermanns- z. T. auch zu Tischlerarbeiten, die sehr weichen in erster Linie zu letzteren verwendet.

c) Die Elastizität der Hölzer. Bis zur Elastizitätsgrenze kann die Giltigkeit des Hookschen Gesetzes vorausgesetzt werden: auch beeinflußt die Größe des Raumgewichtes angenähert unmittelbar proportional das elastische Verhalten, — ein schweres Holz ist mithin besonders elastisch; überhaupt wirken auf die Stärke des elastischen Verhaltens alle dieselben Faktoren günstig ein, welche ein höheres Gewicht und eine größere Härte des Holzes zur Folge haben. Von bedeutendem Einflusse ist auch der Wassergehalt namentlich auf die Elastizitätsgrenze, die mit Verringerung des Wassers stark fällt und bei künstlich getrocknetem Holze vielfach nur noch rd. 1/4 der Bruchfestigkeit erreicht.

Über die Größe der Elastizitätszahl und die Lage der Elastizitätsgrenze bei den wichtigsten Bauhölzern gibt die nachfolgende, naturgemäß nur Mittelwerte enthaltende Tabelle Auskunft:

Holzart	Elastizitätszahl in kg/qcm auf			Elastizitätsgrenze in kg qcm auf		
	Zug ‖ Faser	Druck ‖ Faser	Biegung	Zug	Druck	Biegung
Rotbuche	180 000	169 000	128 000	150	155	155
Eiche	108 000	103 000	100 000	350	220	270
Fichte	92 000	99 000	111 000	200	180	130
Kiefer	90 000	96 000	108 000	170	260	200

Als allgemeine Mittelwerte empfiehlt Krüger[1]):

für die Elastizitätsgrenze		für die Elastizitätszahl	
bei Zugbeanspruchung	240 kg/qcm		120000 kg/qcm
„ Druck- „	„ 220 „		114000 „
„ Biegungs-	„ 170 „		112000 „

In engster Verbindung mit der Elastizität stehen Biegsamkeit, Zähigkeit und Sprödigkeit des Holzes; je elastischer das Holz ist, umso größer ist im allgemeinen seine Biegsamkeit und Zähigkeit, um so weniger spröde ist es mithin.

Stark abhängig vom Wassergehalt ist die Biegsamkeit; sie kann durch künstliches Dämpfen und Erwärmen des Holzes noch erheblich vergrößert werden.

Sehr zähe sind Flechtweiden, Birke, Ulme, Weißbuche, Eiche, Erle, Esche, namentlich in jüngeren Stämmen, Fichtenäste, wohingegen als spröde: alte Eichen, Erle und Rotbuche zu bezeichnen sind.

d) Die Festigkeit und die hieraus abgeleitete zulässige Beanspruchung des Holzes.

Die Festigkeit, auf deren Ermittelung in dem der Prüfung der Hölzer gewidmeten Abschnitte ausführlich eingegangen werden soll, ist naturgemäß auch wieder von den Struktur- und Wachstumsverhältnissen abhängig und demgemäß — auch bei demselben Holze — je nach der Lage des verwendeten Probekörpers — eine oft recht verschiedene. Kernholz ist fester wie Splintholz, trockenes fester wie feuchtes; das gleiche gilt von langsam und in rauhem Klima gewachsenem Holze.

[1]) Handbuch der Baustofflehre. I. Bd. A. Hartlebens Verlag. 1899. S. 302.

In Frage kommt die Zugfestigkeit in Richtung der Holzfasern, die Druckfestigkeit in dieser Richtung (und senkrecht hierzu) die Biegungsfestigkeit und endlich die Schubfestigkeit. Die bezüglichen Werte für die am meisten baulich verwendeten Hölzer enthält die nachfolgende Zusammenstellung; in ihr sind zugleich die zulässigen Spannungen, also die gestattete Inanspruchnahme des Holzes bei den verschiedenen Belastungsarten enthalten, und zwar unter Wahrung einer mindestens 4, meist 8—10fachen Sicherheit gegenüber der Bruchbelastung.

Holzart	Festigkeitsgrenze in kg/qcm auf				Zulässige Beanspruchung in kg/qcm auf				
	Zug ∥ Faser	Druck ∥ Faser	Biegung	Schub ∥ Faser	Zug ∥ Faser	Druck ∥ Faser	Biegung	Schub ⊥ Faser	Schub ∥ Faser
Rotbuche	1350	320	670	85	100	80	90	15	40
Eiche	970	350	600	75	100	80	100	15	35
Fichte	750	250	420 [1]	40	60	50	70	8	20
Kiefer	800	280	470 [1]	45	100	60	80	10	25

Eine Druckbelastung senkrecht zur Faser, ohne Biegung, bewirkt eine örtliche Verdrückung des Holzes, wie sie z. B. bei Übertragung des Schienendruckes auf Holzschwellen durch eiserne Unterlagsplatten vorkommt; die hier zu verwendenden Zahlen sind etwa das 1,3fache der Biegungsfestigkeit; mit Rücksicht auf die vielfach eintretenden dynamischen Beanspruchungen ist eine hohe Sicherheit gerechtfertigt.

Im allgemeinen kann man auf Grund von besonderen Untersuchungen des Berliner Materialprüfungsamtes damit rechnen, daß, wenn der Wert der Druckfestigkeit des Holzes = 100 gesetzt wird, alsdann die anderen Arten der Festigkeit die folgenden Größen zeigen:

		Zug	Biegung	Schub	
	Buche	400	200	29	
	Eiche	270	177	26	
	Fichte	210	160	22	
	Kiefer	270	163	23	
oder	bei Laubholz	310	191	28	im allgemeinen
	bei Nadelholz	230	162	225	

Man kann mithin von einer Festigkeit angenähert auf eine andere schließen.

Eine besondere Beanspruchungsart bildet das Zerknicken des Holzstabes. Nach Versuchen von Tetmajer ist die meist zur Ermittelung der Knickfestigkeit übliche Eulersche Formel bei Holz nur anwendbar, wenn: $x = \frac{l}{i}$ d. h. $\frac{\text{Freie Stablänge}}{\text{Trägheitsradius}} > 100$ ist.

Für einen quadratischen Querschnitt, mit der Seite a, ist — bei $i = a\sqrt{\frac{1}{12}} =$ 0,289 a, demgemäß nur bei Werten von $l > 100 \cdot 0{,}289\,a >$ rd. 30 a nach Euler zu rechnen; für kleinere Längen ergibt sich die Knickspannung (k_b) beim Bruche aus der Beziehung: $k_b = k\,(1 - a\,x)$

[1]) Hier werden als Gütemaß auch die Festigkeitszahlen empfohlen:
Qual. I. Biegungsfestigkeit 450 kg/qcm
„ II. „ 300 „
Hierbei ist die Bruchspannung nach den Navierschen Formeln auf Grund einfacher Biegeversuche (Probestab: 12.12.150 cm beiderseits frei aufliegend und in der Mitte durch eine Einzellast beansprucht) zu berechnen.

worin (bei Holz) $k = 293$ kg/qcm, $a = 0{,}0066$, $x = \frac{l}{i}$ einzusetzen ist. Als Sicherheit gegenüber k_b empfiehlt sich auch hier 10, so daß die zulässige Tragfähigkeit gegen Ausknicken der einen Querschnitt F zeigenden Stütze = P aus der Beziehung $P = \frac{F \cdot k_b}{10}$ abzuleiten ist.

e) Die Spaltbarkeit des Holzes in der Richtung seiner Fasern ist i. d. R. groß — und zwar in Richtung der Markstrahlen also im Radius, etwa 2—3mal so gut als in der hierzu senkrechten, tangentialen Richtung, also in der Sehne: Im allgemeinen sind schwere Hölzer „schwer" und leichte „leichtspaltig". Daneben ist der Grad der Spaltbarkeit vom Verlaufe der Holzfasern abhängig; je länger und gerader diese sind, je gleichmäßiger sie im ganzen Holzkörper verlaufen, um so leichter wird das Holz spalten; hingegen wird eine Regellosigkeit im Zellenaufbau, z. B. ein Schiefstehen dieser in radialer und tangentialer Richtung, verbunden mit Krümmung der Fasern eine schwerere Spaltbarkeit bedingen, wenn letztere nicht sogar ausschließen.

Im allgemeinen bedingt der Verlauf der Holzfaser die Spaltungsflächen (bzw. Ebenen).

f) Das Schwinden und Quellen des Holzes.

Durch Wasserentziehung des Holzes findet eine Formänderung desselben statt, zunächst unerheblich, später — nach Entweichen eines großen Teiles des Wassers[1]) — in beträchtlichem Maße, und zwar zieht hierbei das Holz sich zusammen, es „schwindet". Während in der Faserrichtung die Schwindungsgröße sehr gering ist ($\sim 0{,}1\,\%$)[2]) steigt sie in der Querrichtung, wie die nachfolgende Zusammenstellung erkennen läßt — sehr erheblich —, bis zu 8 %, und zwar am stärksten in der Richtung der Jahresringe, weniger in Richtung des Stammhalbmessers. Am stärksten schwinden die Markstrahlen; hier bilden sich rinnenförmige Vertiefungen und Risse.

Da über den Querschnitt des zur Verwendung gelangenden Bauholzes, der Balken, Bohlen, Bretter usw. die einzelnen Jahresringe fast nie gleichmäßig verteilt sind, also das erheblich schwindende Splintholz mit dem in geringerem Grade seine Form ändernden Kernholze zusammentrifft, so wird die gesamte Schwindung eine unregelmäßige und an den einzelnen Punkten verschieden große sein; es tritt ein Werfen, ein Sichverziehen und in weiterer Folge ein Reißen des Holzes ein.

Da im allgemeinen der nach Norden gelegene Teil eines Stammquerschnittes dichter gewachsen ist, als der dem Süden zugekehrte, so wird auch der Baumstamm als solcher, nach seinem Fällen, bereits Formänderungen, wie den besprochenen, ausgesetzt sein; er wird sich auf der Nordseite nach außen krümmen.

In gleicher Weise beruhen auf dieser Eigenschaft des verschieden großen Schwindens die folgenden Erscheinungen:

1. Das Verziehen von Bohlen und Brettern, begrenzt durch zwei außerhalb der Stammachse geführte Sehnenschnitte, und zwar derart, daß sich die nach dem Kern liegende Seite konvex krümmt.

2. Das Auftreten von Kernrissen in Balken an denjenigen Stellen der Außenfläche beginnend, in denen der Splint am meisten zusammentrocknet und allmählich, entsprechend

---

[1]) Es hat dies seinen Grund darin, daß die Zellwandungen diejenigen Teilchen des Holzes sind, auf deren Zusammenziehung die Eigenschaft des Schwindens beruht, und daß sie gerade das Wasser am innigsten und längsten festhalten.

[2]) Deshalb wird auf die Formänderung in der Längsachse der Hölzer bei Konstruktionen auch nicht Rücksicht genommen.

der hier vorhandenen größeren Dichte, nach dem Kern abnehmend; es liegt auf der Hand, daß wegen der im allgemeinen regelmäßigeren Form ein quadratischer Balken geringeren Formänderungen als ein solcher mit Rechtecksquerschnitt ausgesetzt sein muß.

3. Die Ausbildung mehr oder weniger starker Längsrisse bei frisch gefällten und sogleich entrindeten Bäumen, — ebenfalls eine Folge der starken und schnellen Austrocknung und Schwindung der äußeren Jahresringe gegenüber dem zunächst feucht bleibenden Kern des Stammes usf.

Diesen z. T. unangenehmen Erscheinungen des Schwindens kann man begegnen durch Austrocknen der Hölzer[1]), zweckmäßig bis auf diejenige mittlere Temperatur, der sie später bei der baulichen Verwendung ausgesetzt sind, durch Auslaugen und nachträgliches Trocknen, endlich durch eine zweckmäßige Lage und Verwendung des Holzes. In lezterem Sinne wird man z. B. Bretter, Bohlen, usw., bei denen die Zone des Kernholzes einseitig liegt, die sich also nach dieser hin konvex zu deformieren suchen, mit dieser Seite nach oben hin verlegen, damit ihre eigene Schwere und die Belastung einer Hochbiegung entgegen wirken; ebenso wird man auf Biegung belastete Balken legen, um so mehr als hier die konvexe nach oben gehende Formänderung die Durchbiegung nach unten verringert; aus dem gleichen Grunde sind seitlich durch Kräfte belastete, senkrecht stehende Rundpfähle mit nicht konzentrisch verlaufenden, auf der einen Seite engeren Jahresringen mit ihren dichten Teilen den angreifenden Kräften entgegen zu stellen; ferner sind für Fußböden, Parkett usw. möglichst dünne und kleine Stäbe und Platten zu verwenden, um die Schwindfugen gering zu halten usf. usf.

In vollkommen entsprechender Weise findet bei Wasseraufnahme des trockenen Holzes eine Volumenvergrößerung, ein „Quellen" statt, das sich naturgemäß wiederum am stärksten auf die Querrichtung des Holzes, namentlich in Richtung der Jahresringe erstreckt. Da hierbei zunächst die Zellwandungen das Wasser aufsaugen und sich ausdehnen, findet das Quellen des Holzes bald nach Beginn der Wasseraufnahme und in ziemlich regelmäßig fortschreitender Weise statt; im allgemeinen hat sich hierbei das Splintholz — wie zu erwarten — als hygroskopischer als das Kernholz gezeigt.

Da die Kraft sehr groß ist[2]), mit der das Quellen vor sich geht, so ist bei Zusammensetzung einzelner Teile zu einem Ganzen darauf zu achten, daß die entstehenden Kräfte sich gegenseitig aufheben, während bei einzelnen Konstruktionsteilen geeignete Zwischenräume zu lassen sind, innerhalb derer das Quellen stattfinden kann; so sind z. B. die Bohlenbeläge von Brücken, desgleichen die Schalbretter von Lehrgerüsten mit ausreichend weiten Fugen zu verlegen usw.

Über die Größe des Schwind- und Quell-Maßes bei den wichtigeren Bauhölzern gibt die nachstehende Zusammenstellung Auskunft.

g) Die Wärmeleitung und -Ausdehnung des Holzes ist eine recht geringe; letztere kann in der Richtung der Faser — linear — zu etwa rd. 1/4 von der des Stabeisens, d. i. zu 0,0000035 angenommen werden — ihre Berücksichtigung bei Konstruktionen erübrigt sich demgemäß. Gleich gering ist auch die Wärmeleitung — wie ja bekanntlich Holz zu den schlechten Leitern gehört.

Die Wärmeleitungzahl[3]) für Kiefernholz ist längs der Faser zu 0,1, quer zu dieser zu 0,03 gefunden worden.

---

[1]) Genaueres hierüber, sowie über das Auslaugen vgl. auf S. 372 und 373.

[2]) Schon früher wurde hervorgehoben, daß die sich hierselbst ausbildende Kraft zum Absprengen von Steinen aus den Felsmassiv verwendet wird. Vgl. S. 68.

[3]) Unter der Wärmeleitungszahl ist diejenige Menge von Wärmeeinheiten verstanden, welche stündlich durch 1 qm Fläche des Stoffes zu einer anderen im Abstande von 1 m bei 1° Temperatur-

Holzart	Wassergehalt des grünen Holzes in Gewichtsproz. i. M.	Schwindung in Proz. i. M., linear		Quellen bei Wassersättigung in Proz., linear Größtwerte:		Gewichtszunahme in Proz. infolge Durchnässung
		∥ Faser	⊥ Faser und Halbmesser	∥ Faser	⊥ Faser und Halbmesser	
Rotbuche	32	0,25	8,0	0,20	8,1	60—100
Eiche	30	0,35	7,6	0,40	7,6	60—90
Erle	41	0,40	5,1	0,30	4,2	80
Fichte	45	0,08	6,2	0,08	6,2	70—170
Kiefer	40	0,12	4,5	0,12	5,7	75
Lärche	26	0,08	6,3	0,08	6,3	60
Tanne	37	0,10	6,1	0,10	8,1	80—120
Ulme	34	0,12	6,2	0,19	7,0	65

Den Schall leitet das Holz in der Richtung der Stammachse gut, wie ja gerade die gute Schalleitung des gefällten Baumes einen Prüfstein für seine innere Gesundheit abgibt.

Für die Elektrizität ist Holz im allgemeinen ein so schlechter Leiter, daß es als Isolator gilt; jedoch erhöhen große Dichtheit und starker Wassergehalt die Leitfähigkeit, wodurch sich die größere Blitzgefahr für lebende als abgestorbene Bäume erklärt.

Besonders schlechte Leiter sind Hölzer, reich an Öl u. dgl.

h) Die Beständigkeit und Dauer des Holzes. Abgesehen von künstlichen — weiter unten zu besprechenden — Konservierungsmitteln, richtet sich die Dauerhaftigkeit des Holzes nach seiner natürlichen Gesundheit, vorwiegend seinen Wachstumsorten, sowie nach seiner Verwendungsstelle und -Art. Ein Baum, der im trockenen Gelände, allseitig unter der Einwirkung des Lichtes gewachsen ist und somit enge Jahresringe und ein kräftig entwickeltes Herbstholz besitzt, wird besonders dauerhaftes Holz liefern; in gleichem Sinne werden Bäume mit geringerem Saftgehalte, überhaupt weniger saftreiche Holzteile, größere Beständigkeit zeigen, und zwar um so mehr als mit verringertem Saftgehalte im allgemeinen die Gefahr des Wurmfraßes, des Faulens, Stockens und Erstickens[1]) sich verringert.

Bei dem Orte und der Art der Verwendung sprechen mit: Verwendung ausschließlich in gutem (fließendem) Wasser, nur im Trocknen, im Wechsel zwischen trocken und feucht, schließlich eingegraben in natürlichem Boden. Unter Wasser hält sich besonders gut das Holz der Eiche, der Ulme, der Rotbuche, Erle, Kiefer und Lärche, wahrscheinlich infolge einer allmählich in den Holzporen fortschreitenden Mineralisierung der Holzfasern nach Auslaugung des Saftes durch das Wasser.

Eine Ausnahme macht hier allerdings das Seewasser, welches mittelbar durch die zerstörende Tätigkeit des Bohrwurmes (Teredo navalis) fast alle Holzarten der Zerstörung überliefert. —

unterschied beider Flächen übertritt; um die oben angegebene Zahl beurteilen zu können, sei nebenher bemerkt, daß die Leitungsfähigkeit der Ziegel z. B. 0,70, von Zement 0,78, von Bruchsteinmauerwerk 1,3—2,1, von Kupfer 320, von Eisen 40—50 usf. beträgt.

[1]) Hierunter — auch Anlaufen genannt — versteht man eine Veränderung der Saftbestandteile, namentlich des Splintholzes durch Gärung und den Beginn eines Faulprozesses, i. d. R. bald nach dem Fällen des Baumes eintretend. Hierbei erhält der Splint eine dunklere Farbe, grünblau bei Nadelholz, braun bei Eiche usw. Derartiges Holz ist im Bau nur zu verwenden, wenn es bestens getrocknet, selbst an trockene Stellen gelangt und noch keine Fäulniserscheinungen irgendwelcher Art zeigt. —

In dauernder Trockenheit, desgleichen an der Luft, aber vor Feuchtigkeit geschützt, halten sich fast alle Hölzer (abgesehen von einem allmählichen, aber nicht sehr erheblichen Festigkeitsrückgange infolge zunehmender Sprödigkeit) durchaus gut, ausgenommen Rotbuche, die hier eine nur mittlere Lebensdauer aufweist, sowie Erle und Pappel, die kaum mehr als 25 Jahre Bestand zeigen. Der Sonnenbestrahlung ausgesetzt, reißen die Hölzer leicht und schaffen so Angriffspunkte für das Eindringen von Feuchtigkeit und demgemäß den Beginn des Verfaulens. Noch weniger gut ist das Verhalten der Hölzer im Wechsel, d. h. bald im Trocknen, bald der Feuchtigkeit oder dem Wasser ausgesetzt, wie es bei freistehenden, ungeschützten Holzteilen, bei Pfählen und Bohlen in der Gegend häufigen Wasserstandwechsels u. dgl. nicht selten vorkommt. Hier sind eigentlich nur bewährt die Eiche, die Ulme, die Lärche und die Kiefer, von letzterer namentlich ihre kanadische Abart, die Pechkiefer.

Eine zahlenmäßige Angabe der Zeit, in der sich das bearbeitete Holz in gutem, unverdorbenem Zustande erhält, ist — wie aus dem Voranstehenden hervorgehen dürfte — nicht möglich, wenigstens nicht mit ausreichender Sicherheit; deshalb schwanken auch die Ergebnisse der hierüber angestellten Untersuchungen meist in ziemlich weiten Grenzen. —

i) Die Farbe des Holzes, durch Farb- bzw. Harzeinlagerungen in die Zellwandungen und den Saft des Holzes bedingt, kann sehr verschieden sein und die verschiedensten Abstufungen von Grün, Grau, Gelb, Braun, Rot bis Schwarz zeigen. Je frischer die Farbe im allgemeinen ist, um so gesunder ist das Holz, während fahle Farben, namentlich nach Kupfergrün, Blau, Grau oder Braun hin oder einzelne derartige Flecke vielfach auf eine bereits beginnende Zersetzung des Holzes hindeuten[1]).

Der bei einem jeden frisch gefällten Holze sich zeigende, für dieses in der Regel bezeichnende Farbton, verändert sich meist in kurzer Zeit, ist auch je nach dem Standorte, dem Klima, dem Alter bei derselben Holzart durchaus nicht gleichartig; auch dunkeln alle Farben an der Luft nach, oder gehen — wie bei den Nadelhölzern — unter Einwirkung der Atmosphärilien und der Sonnenbestrahlung allmählich in eine dunkel graue oder braune über. Daß die inneren Schichten des Holzes — der Kern — i. d. R. kräftiger gefärbt sind, wurde schon mehrfach hervorgehoben. —

Neben der Farbe ist von Wichtigkeit das Holzgewebe (die Textur), bedingt — namentlich im Längsschnitte — durch die Menge, Anordnung, Art und Verteilung der einzelnen Zellen, durch den mehr oder weniger geraden Wuchs der Fasern — Wimmerung, Maserung[2]) — durch Besonderheiten des Wachstums, durch in Linien und Figuren auftretende besondere Färbung usw. Da die meisten unserer heimischen Hölzer eine wenig in die Augen fallende Textur haben, wird eine solche durch Pressen gedämpfter und erweichter Holzplatten vermittelst gewellter Walzen u. dgl. künstlich bewirkt.

Auch kann die Textur eines Holzes durch Einwirkung des Sandstrahlgebläses, welches die weichen Holzteile hinwegnimmt, eine plastische Hervorhebung erfahren.

Hölzer mit deutlich sichtbaren Markstrahlen zeigen auf den Längsschnitten — wie bereits auf S. 352 erwähnt wurde — in der Schnittfläche der ersteren deutlich sicht-

---

[1]) Eine braunrote Verfärbung ist nicht selten ein Zeichen beginnender Rotfäule, eine weiße desgleichen von Weißfäule; durch bläuliche Färbung ist ein erstickter Baum erkenntlich, durch fahle Farbe ein abgestorbener usw.

[2]) Hierbei verlaufen die Holzfasern faltig, wellenförmig, bezw. mehr oder weniger verschlungen.

bare, glänzende Spiegel, mit seidenähnlichem Glanze, der durch Polieren noch erhöht werden kann. Daneben kommen Hölzer vor (z. B. Ahorn, Esche), bei denen sich die gesamten Spaltflächen als mehr oder weniger glänzende Spiegelflächen zeigen, und nach dem Polieren ein moirée-artiges Aussehen erlangen.

Kapitel XX.

Die bautechnisch verwendeten Holzarten und ihre Haupteigenschaften.

§ 63. Die Nadelhölzer.

Hier sind als wichtig zu besprechen die Kiefer nebst ihren ausländischen Abarten, die Tanne, die Fichte, die Lärche, sowie einige in der Kunsttischlerei verwendete besondere Holzarten. Wie schon im § 61 hervorgehoben wurde, unterscheidet sich das Holz der Nadelbäume von dem der Laubhölzer dadurch, daß es keine Gefäße, sondern nur Tracheiden und wenige Parenchymzellen, daneben aber häufige Harz- und Ölgänge hat. Diese zeigen sich im Querschnitte als helle Punkte, im Längsschnitte als gleichartige Linien. Die Markstrahlen sind fein und gleichmäßig, die Jahresringe besonders deutlich.

1. Die Kiefer (Pinus silvestris) auch Föhre und Weißkiefer genannt, vorwiegend in Mittel- und Nordeuropa zu Hause, der wichtigste Nutzbaum der norddeutschen Tiefebene, erreicht bei einem Stammdurchmesser bis zu 1,0 m eine Höhe von etwa 40 m. Der Kern von rotbrauner Farbe hebt sich deutlich von dem gelbweißen Splintholz ab; die Jahresringe treten infolge des dunkelrotbraun-farbenen Herbstholzes besonders klar heraus. Die Harzkanäle — in großer Anzahl vorhanden — sind deutlich sichtbar. Das Holz ist schwerer und härter als das der Tanne und Fichte, sehr dauerhaft unter Wasser, aber auch gut haltbar im Wechsel. Die Druckfestigkeit des Holzes, namentlich des auf trockenem Sandboden gewachsenen, geht bis zu 500 kg/qcm hinauf.

Beim Abhobeln erhält das Holz keine besonders glatte Oberfläche, sondern bleibt noch rauh; sein hoher Harzgehalt läßt nicht selten unter der Einwirkung der Sonne das Harz nach außen treten, weshalb die Kiefer sich nicht für Fensterkreuze u. dgl. empfiehlt; auch bewirkt die verhältnismäßig große Elastizität des Holzes eine nicht unerhebliche Durchbiegung freiliegender Kieferbalken, weshalb sie zu weitgespannten Unterzügen weniger günstig sind als Fichtenbalken. Trocken stehendes Holz ist dem Wurmfraße meist ausgesetzt.

Das Holz findet ganz allgemein als sehr geschätztes Holz des Hoch- und Ingenieurbaues Verwendung, zu Balken, Fachwerken, Dachbauten, Dielungen, zu Wasserbauten, Grundschwellen, zu Straßenpflaster (namentlich skandinavisches Holz), im Schiff- und Waggonbau, als Grubenholz usw., sowie in der Möbelindustrie.

Besonders beliebt wegen seiner Festigkeit und Güte ist das Kiefernholz aus der Gegend zwischen Oder und Weichsel, aus Galizien, Littauen und Rußland (Kiefer von Riga).

Aus dem reichlich vorhandenen Harze werden Terpentinöl und Kolophonium gewonnen.

Als Abarten sind zu nennen: Die in Südeuropa bis nach Niederösterreich sich findende Schwarzkiefer mit sehr dauerhaftem Holze, wegen ihres beschränkten Vorkommens aber von nur örtlicher Bedeutung; die Zirbelkiefer oder Arve (Pinus cembra),

ein Baum des Hochgebirges mit sehr wertvollem, gleichmäßig gewachsenem Holze, das vorwiegend für Möbel, Wandbekleidungen, Schnitzereien, Skulpturen, örtlich auch als Bauholz Verwendung findet; die Weymouthskiefer (Pinus strobus) ausgezeichnet durch geringes Schwinden und Reißen und deshalb als „Blindholz" zu Verkleidungen, Rahmen und Fußböden beliebt, zu Tragkonstruktionen wegen geringer Tragfähigkeit nicht verwendet[1]). — Von ausländischen, bei uns eingeführten Kiefernhölzern sind erwähnenswert:

a) Die sehr wertvolle Pechkiefer — Pitch-pine[2]) —, aus dem Süden der vereinigten Staaten stammend (besonders wertvoll aus Texas, Texas-pine), ein Holz mit schmalem, z. T. sehr geringem, hellem Splint und schön gelbrotem Kern und ebenso farbenem Herbstholze. Das schwere, feste, sehr elastische, der Fäulnis gut widerstehende, Formänderungen kaum ausgesetzte Holz, ist sehr dauerhaft, hoch tragfähig und sehr wenig der Abnutzung unterworfen. Das Holz — wohl das wertvollste der amerikanischen Nadelhölzer — findet bei uns — eingeführt in Form von Stämmen, Brettern und Bohlen- Verwendung im Hochbau, namentlich zu Täfelungen, Türen, Fußböden (besonders bewährt), zu Straßenpflaster, Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen, im Brückenbau usw.

b) Die Gelbe Kiefer (Yellow-pine, Oregon-pine) ein leichteres, helleres, fast splintfreies, sehr dauerhaftes und dem vorgenannten im Werte nahestehendes Holz, ist bestens politurfähig und auch im Wechsel sehr haltbar; es findet mit besonderem Vorteil. für stark begangene Fußböden, also z. B. in Turnsälen, Wartesälen der Bahnhöfe, Schulen usw. Verwendung; in manchen Bodenarten nimmt das Holz rötliche Färbung an, und heißt alsdann: „red pine".

2. Die Tanne, auch Weiß-, Silber-, Edeltanne genannt (Abies pectinata), in Mittel- und Süddeutschland verbreitet, zeigt gelbweißes, nach dem Kern zu graurötliches Holz; gegenüber dem Fichtenholz ist es durch den Mangel an sichtbaren Harzgängen und den sehr allmählichen Übergang der Färbungen in den i. d. R. gleichmäßig runden, gut abgegrenzten Jahresringen zu unterscheiden; auch ist Tannenholz härter und — frisch — schwerer als Fichtenholz, dabei sehr fein, langfaserig und dementsprechend auch langspaltig und zwar in glänzenden Flächen; im Trocknen gut haltbar, unter Wasser ziemlich dauerhaft, ist Tannenholz im Wechsel nicht beständig wegen seines geringen Harzgehaltes; es ist gut bearbeitbar, allerdings nur unvollkommen polierbar. Die Höhe des Baumes erreicht nicht allzuselten 40,0 m, der Stamm eine Stärke von 2,5 m. Tannenholz findet Verwendung im Wasserbau (stets unter Wasser!), zu Fensterkonstruktionen aller Art, in der Tischlerei. Das unter der Rinde sich bildende Harz liefert das Straßburger Terpentin.

Eine geschätzte Abart des nordwestlichen Amerikas bildet die Douglastanne, die wegen ihrer hohen Tragkraft, Elastizität und Beständigkeit in ihrer Heimat eine allgemeine Verwendung findet, und sich bei uns einzubürgern beginnt.

3. Die Fichte — auch Rottanne genannt (Picea excelsa) namentlich ein Baum der mitteleuropäischen Gebirge, besitzt gelblich bis rötlich-weißes Holz, ohne erkennbare Markstrahlen, aber mit feinen, im Querschnitte als helle Punkte auftretenden Harzgängen im Splintholze. Ihre Höhe kann bis 60 m erreichen, geht aber im Zustande der Reife meist nur bis 30 m; der Stammdurchmesser erreicht 1,8 m. Schon in der Jugend ist der Baum oft einer Holzkrankheit, der Rotfäule, ausgesetzt.

---

[1]) Das in Amerika wachsende Holz, unter der Bezeichnung white-pine in den Handel gebracht, ist hingegen in seiner Heimat als Hochbau- und Schiffsholz hochgeschätzt. —

[2]) Es ist zu beachten, daß auch minderwertiges Kiefernholz anderer Arten als Pitch-pine von Amerika in den Handel kommt — namentlich das dort mit Louleaf-pine bezeichnete Holz einer Kiefer mit langen Nadeln.

Das gut spaltbare, im Trocknen und dauernd unter Wasser sich gut haltende, im Wechsel bald vergängliche Holz, zeigt eine nur geringe Neigung zum Reißen und Werfen; besonders gut ist das Holz aus Gebirgen oder nördlichen Gegenden (Skandinavien, Rußland).

Das Holz ist das wichtigste Bauholz Deutschlands, gleichmäßig im Hoch- wie im Tiefbau verwendet; das im Wasser undurchlässige Splintholz ist im Schiffsbau geschätzt; auch findet Fichtenholz in größter Menge zur Herstellung von Papiermasse Verwendung Aus dem Harze wird Pech, Kolophonium usw. gewonnen.

4. Die Lärche (Larix europaea), ein namentlich in dem ganzen Alpengebiete heimischer Baum, besitzt im Kern rötlich, im Splint hellgefärbtes, kräftig abgesetztes Holz, sehr deutliche Jahresringe, wenige und ziemlich kleine Harzkanäle. Je engringiger und tiefer braunrot das Holz gefärbt ist, desto besser ist es. Lärchenholz erleidet nur wenig Formänderungen, ist besonders haltbar, auch im Wechsel und hierin dem Eichenholze durchaus ebenbürtig und das beste unserer einheimischen Nadelhölzer, dessen Verwendung leider durch das nicht allzu verbreitete Vorkommen des Baumes in unerwünschter Weise beeinträchtigt wird; neben der normalen Benutzung im Hoch- und Wasserbau eignet sich Lärchenholz auch zu Täfelungen, sehr widerstandsfähigen Fußböden, zu Parkett, Möbel-, Drechsler- und Böttcherarbeiten usw.

5. Vorwiegend als Hölzer des Drechslergewerbes und der Kunsttischlerei seien kurz genannt:

a) Die Eibe (Taxus, Taxus baccata) mit sehr schwerem, hartem und zähem, im Kern braun- bis blauschwarz gefärbtem Holze, wird zu Fournieren und feinen Drechsler- wie Tischlerarbeiten verwendet und meist aus dem Kaukasus eingeführt. —

b) Der Lebensbaum (Thuja orientalis und occidentalis). Der gelbe Splint ist deutlich von dem hellbraunen Kern abgesetzt und liefert ein schön gefärbtes, stark gemasertes Möbelholz.

c) Zedernholz — eigentlich ein Sammelname für verschiedene Nadelhölzer mit weichem, wohlriechendem, lebhaft braunrot gefärbtem, dauerhaftem Holze, das heute vorwiegend bei uns im Instrumentenbau, zu Drechslerarbeiten, feineren Möbeln und Schmuckstücken Verwendung findet. Ursprungsländer sind: Amerika (virginische Zeder mit rotfarbenem Holze, mexikanische Zeder — white cedar, für Wandtäfelungen), Westindien (vorwiegend zu Bleistifteinfassungen verwendet), der Libanon (selten, hochwertig, fast nur in der Heimat verwendet).

§ 64. Die Laubhölzer.

Als wichtigere Bauhölzer sind zu besprechen: Die Eiche, Rotbuche, Erle Ulme, Akazie, daneben vorwiegend für den inneren Ausbau, bzw. als Tischlerholz von Bedeutung: die Weißbuche, Esche, Pappel, Linde, Platane, der Nußbaum, Ahorn, einige heimische Obst- und eine Anzahl ausländischer Laubbäume.

Das Holz der Laubbäume ist — wie schon auf S. 353 hervorgehoben — durch die meist mit unbewaffnetem Auge erkennbaren Gefäße, die im Längsschnitte als feine Streifen erscheinen, bezeichnet. Die Grenze der Jahresringe ist nicht immer ausgeprägt, sondern oft verschwommen, wohingegen Markstrahlen meist deutlich in die Erscheinung treten, während Harzgänge i. d. R. fehlen.

1. Die Eiche. Die beiden wichtigsten Eichenarten Deutschlands sind:

a) Die Traubeneiche (Quercus sessiliflora), auch Winter- und Steineiche genannt, und b) die Stieleiche (Quercus pedunculata), auch als Sommereiche bezeichnet und im allgemeinen verbreiteter als die erstgenannte[1]). Das Holz ist erkennbar durch die großen, im Querschnitte auftretenden Poren, die deutlichen Jahresringe und die glänzenden, kräftigen Markstrahlen, die im Spiegelschnitte als glänzende Bandstücke erscheinen. Der Splint ist nur wenige Zentimeter stark und hellfarben, während der Kern dunkler d. h. braungelb gefärbt ist. Das nach Gerbsäure riechende Holz ist geringen Formänderungen ausgesetzt, spaltet gut, ist sehr elastisch, höchst dauerhaft in allen Verwendungslagen, auch im Wechsel, und stellt das geschätzteste unserer heimischen Hölzer dar; seine Verwendung beschränkt sich im Hochbau wegen des hohen Preises mehr auf den inneren Ausbau (Täfelungen — namentlich von Traubeneiche — Parkettstäbe, Rahmen, Fensterkreuze usw.), findet ferner allgemeine Verwendung im Wasser-, Maschinen-, Waggon-, Schiff- und Eisenbahnbau (Schwellen), ist ferner ein sehr geschätztes Tischler-, Wagenbau-, Böttcher- und Drechslerholz usw. Vor der Verwendung ist das Holz bestens auszutrocknen; dies muß langsam geschehen, da es sich sonst wirft bzw. reißt.

Die Eiche erreicht Höhen bis 40 m und Stärken von mehr als 3 m; das Alter der Reife ist etwa 160 Jahre.

Eine Abart ist die im südwestlichen Europa und Nordafrika heimische Korkeiche (Quercus suber), deren Rinde den Kork liefert — vgl. S. 212 —.

2. Die Rotbuche (Fagus silvatica). Das Holz des rd. 30 m an Höhe und 2,5 m an Durchmesser erreichenden Baumes ist im frischen Zustande hellgelb, später gelblichrot bis rötlichbraun, im Alter rotbraun, hart, schwer, fein und dichtfaserig; es besitzt kurze Spiegel, kaum erkennbare einzelne Gefäße und i. d. R. deutlich abgesetzte Jahresringe. Seine Beständigkeit ist unter Wasser und im Trocknen — hier abgesehen vom Wurmfraß — gut, im Wechsel gering.

Die Struktur des Holzes ist sehr gleichmäßig, die Druck- und Zugfestigkeit ist hoch, die Spaltbarkeit groß; einen Nachteil bildet das, durch die kurzen Fasern bedingte, leichte Reißen und Werfen des Holzes.

Die Verwendung beschränkt sich vorwiegend auf Pflaster, Eisenbahnschwellen (imprägniert), Brückenbohlen, Tischlerarbeiten im Innen-Ausbau (Parkettstäbe, Treppenstufen, Geländer usw.) und bei der Möbelfabrikation, sowie auf Stellmacher und Drechslerarbeiten.

Als Brennholz ist Buchenholz besonders geschätzt wegen seiner leichten Spaltbarkeit und seiner hohen Brennkraft.

3. Die Erle. Bei einer Stammhöhe bis zu 50 m und einem Durchmesser bis 65 cm zeigt der in den Niederungen von ganz Mitteleuropa häufig vorkommende Baum[2]) ein dichtfaseriges, hartes Holz mit deutlichen Jahresringen und zwischen diesen, als leicht geschwungene Linien gut erkennbaren, feinen Markstrahlen versehen; die Farbe

[1]) Die beiden Arten unterscheiden sich dadurch, daß die Stieleiche kahle Blätter hat und ihre Blattstiele nicht die halbe Blattbreite an Länge erreichen, während die Wintereiche auf der Unterseite behaarte Blätter und längere Stiele zeigt; das Holz läßt sich einerseits dadurch unterscheiden, daß bei der Wintereiche die Spiegel im Längsschnitte weiter voneinander abstehen und andererseits, nicht so glänzend sind, als wie bei der Sommereiche; meist ist das Holz der Wintereiche härter.

[2]) In der norddeutschen Tiefebene ist am meisten die Schwarzerle (auch Roterle, Eller, Else genannt) — Alnus glutinosa — verbreitet. Daneben findet sich die Weißerle oder Grünerle, deren eigentliche Heimat der Norden und Osten Europas, namentlich das Gebiet der russischen Ostseeprovinzen ist. Die Benennung der beiden Arten rührt von der Färbung der Rinde her.

dieses ist gelbrötlich, an der Luft nachdunkelnd. Das Holz hält sich ausgezeichnet dauernd unter Wasser, hier steinhart werdend, hat aber im Wechsel eine nur geringe Beständigkeit und eignet sich deshalb nicht als Bauholz im Freien. Das zu Grund- und Wasserbauten aller Arten (auch zu Faschinen) desgl. zu Fußböden u. dgl. bestens geeignete Material findet auch wegen seiner schönen Farbe und guten Polierbarkeit in der Möbelfabrikation (z. T. als Ersatz von Mahagoni, Palisander usw.) Verwendung; auch ist das Holz wegen der leichten Bearbeitbarkeit für Drechslerwaren, überhaupt für maschinelle Bearbeitung beliebt.

Erlenholz ist gleich nach dem Fällen zu entrinden und in trockener Lage aufzustapeln.

4. Die Ulme, auch Rüster genannt[1]) dem westlichen und mittleren Europa sowie Nordamerika angehörend, zeigt sehr schweres, festes, dauerhaftes, auch im Wechsel beständiges Holz mit gelblichem, oft geflammtem Splint und hellbraunem bis mattgraubraunem, schnell dunkler werdendem Kern. Die Jahresringe sind deutlich erkennbar, desgleichen im Querschnitte als feine helle Linien die Markstrahlen. Besonders schön gemasert ist das Holz der Flatterulme und deshalb in der Kunsttischlerei geschätzt.

Das Holz findet — dem Eichenholz an Wert und Beständigkeit nahestehend — dort Verwendung, wo es besonders auf Festigkeit, Dauer, bzw. geringe Abnutzung ankommt, also im Waggonbau, Bootsbau, zu Parkettstäben, einzelnen Hölzern im Wasserbau, zu Balken, Pfetten und Sparren im Hochbau, endlich für Drechslerarbeiten und Möbelfabrikation (hier auch zur Mahagoniimitation herangezogen).

5. Die Akazie — besser Robinie (Robinia pseudoacacia), stammt aus Nordamerika und ist in Europa eingebürgert. Das Holz ist schwer, zähe, elastisch, ungemein dauerhaft auch im Wechsel, vorzüglich bewährt gegenüber der Fäulnis, gut hobelbar und polierbar. Der gelbweiße Splint ist von dem braungrünen Kern deutlich abgesetzt; die Jahresringe sind sehr gut, die Markstrahlen kaum erkennbar und nur als feine Linien im Querschnitte angedeutet, besser noch in Bandform im Längsschnitte zu sehen.

Die infolge der hervorragenden Eigenschaften ziemlich ausgedehnte Anwendung des Holzes erstreckt sich auf Arbeiten des Stellmacher-, Drechsler- und Tischlergewerbes, und, dort wo das Holz auch in größeren Mengen vorkommt, auf Hoch- und Wasserbauten.

Baulich weniger wichtig sind:

6. Die Weißbuche (Hainbuche, Hagebuche, Heister, Hornbaum) mit gelblich-weißem, sehr dichtem hartem, wenig Veränderungen (ausgenommen ein starkes Schwinden) ausgesetztem Holze; es findet vorwiegend als Werkzeugholz, daneben als Drechsler- und Stellmacherholz Anwendung.

7. Die Esche, über fast ganz Europe bis in dessen nördliche Teile hinauf verbreitet, besitzt hellen, ziemlich ausgedehnten Splint mit dunklem, im Alter braun gefärbtem Kern. Das zähe, sehr biegsame[2]), elastische (namentlich im Splinte), im Freien und unter Wasser nicht haltbare, im Trockenen aber immer fester werdende Holz, ist ein beliebtes Material des Wagen- und Maschinenbaues, des Tischlergewerbes (namentlich bei der oft auftretenden schönen Maserung); die Äste des Baumes bilden ein gutes Faschinenwerk.

8) Die Pappel[3]) liefert ein leichtes, schmutzig weißgelbes bis gelbbraunes (im Kern) Holz, das weich und leicht spaltbar ist, sich gut bearbeiten läßt, sich wenig wirft, nur im Trockenen beständig

[1]) Unterschieden werden als einzelne Arten; die gemeine Rüster (Rot-Glattrüster), die Berg oder Haselulme, die Flatterulme (Weißulme).

[2]) Deshalb ist das Holz auch nicht für Bohlen und Bretter des Hochbaues usw. geeignet.

[3]) Als Arten kommen hier in Frage:

a) Die Zitterpappel, Espe oder Aspe (Populus tremula),

b) Die Weiß- oder Silberpappel (Populus alba),

c) Die Schwarzpappel (Populus nigra),

d) Die italienische (Pyramiden-) Pappel (P. pyramidalis);

daneben noch eine aus Kanada stammende nach ihrer Heimat benannte Pappel (P. canadensis).

ist und vorwiegend zu Tischlerarbeiten (Fourniere, Täfelungen, Jalousien, Kisten, Reißbretter usw.) Verwendung findet. Die Äste eignen sich gut zum Faschinenbau.

9. Die Linde [1]) mit weißlich-gelbem bis rötlich-weißem Holze von großer Weiche und Leichtigkeit, dabei aber bedeutender Dichte und Feinheit; es findet Verwendung als Bildhauerholz, in der Kunstschnitzerei, in der Drechslerei, als Blindholz für Möbel u. dgl.

10. Die Platane zeigt ein hartes zähes Holz mit ausgedehntem, rötlichem Splinte und bräunlichem Kern, das sich stark wirft, leicht reißt und wenig beständig ist; Verwendung als Wagner-, Drechsler- und Tischlerholz. —

11. Der Ahorn, in seiner Eigenschaft und seiner Verwendung der Platane ähnlich, nur mit weißem glänzendem Holze, findet zudem Anwendung zu Parkettböden, zu Schnitzereien, als Bildhauerholz, und namentlich in den schön gemaserten ausländischen Arten zu Möbelfournieren.

12. Die Edelkastanie (Castanea vesca), besitzt ein wertvolles, dem Eichenholze nahestehendes im Splint gelbes, im Kern dunkelbraunes Holz von erheblicher Härte, Festigkeit und Beständigkeit unter Wasser und im Trockenen. Die Verwendung des nur örtlich wichtigen Holzes ist die gleiche, wie die der Eiche; zudem findet es wegen der großen Biegsamkeit zur Herstellung gebogener Möbel Anwendung.

13. Von geringer technischer Bedeutung ist das Holz der Roßkastanie, vorwiegend ein Blindholz für Tischlerarbeiten.

14. Die Weide ist baulich wegen der Verwendung der sehr biegsamen Zweige zu Flechtwerken aller Art im Wasserbau, zum Faschinenbau usw. bemerkenswert.

15. Wertvolle Hölzer für die Kunsttischlerei liefern unsere heimischen Obstbäume.

a) Der Nußbaum mit grauweißem Splint und mattbraunem Kern, gut polierbar und farbenprächtig, und namentlich in den schön gemaserten, südlichen oder amerikanischen Arten eines der geschätztesten Fournier-Hölzer.

b) Die Kirsche, ein feines dichtes Holz mit hellem Splint und rotem bis gelbem Kern.

c) Apfelbaumholz, braunrot bis rötlichblau, ein Fournier- und beliebtes Drechslerholz.

d) Birnbaumholz — sehr gleichmäßig, rötlichbraun; neben der Verwendung in der Möbelfabrikation kommt es in Frage als Bildhauerholz, zur Erzeugung von Holzschnitten, für Arbeiten des Maschinenbaues u. dergl.

e) Pflaumenbaumholz; das harte Holz mit deutlichen Jahresringen zeigt einen schmalen, gelblich-weißen Splint und einen braunroten, schönfarbigen Kern; es wird in der Möbelfabrikation sehr geschätzt, zudem für Holzschnitzereien und feine Drechslerarbeiten bevorzugt.

c) Von ausländischen Laubhölzern sind baulich bemerkenswert:

1. Die Eukalyptushölzer, aus Australien stammend; sie sind harte und schwere Hölzer von großer Festigkeit und Beständigkeit. Ihre wichtigsten Arten sind: Red-Gum — Rot-Gummibaum, mit rotbraunem, besonders auch gegen den Seewurm sehr widerstandsfähigem Holze, Blue-Gum — Blau-Gummibaum, ein allerdings stark schwindendes, aber sehr dauerhaftes, beliebtes und zähes Holz, Jarrah, ein mahagoniartiges Holz, rotbraun von Farbe, kaum brennbar, Karri, hellfarben, sehr hart und schwer, Tallowwood und Moa, den obigen gleichwertige Harthölzer Australiens, und wie sie durchaus widerstandsfähig gegen Fäulnis, sehr druckfest, vollkommen astfrei, sehr dauerhaft in jeder Verwendungsstelle und durch besonders geringe Abnutzbarkeit ausgezeichnet [2]), dabei im Preise annähernd wie Eichenholz. Die Verwendung der australischen Harthölzer ist ihren hervorragenden Eigenschaften entsprechend eine sehr ausgedehnte; hier kommen als Anwendungsgebiete namentlich in Frage: Treppenbeläge, Dielungen aller Art, Treppen-

[1]) Als Arten sind zu nennen: Die Winterlinde (mit kleinen Blättern, daher auch kleinblätterige L. genannt) und die Sommerlinde (großblätterige L.).

[2]) Nach Versuchen, ausgeführt im Auftrage der diese Hölzer einführenden Firma Staerker und Fischer Leipzig haben sich gegenüber der deutschen Eiche die nachfolgenden Festigkeiten und Abschleifmengen ergeben:

	Druckfestigkeit	Abschleifmengen
bei Moa	950 kg/qcm	1,2 ccm
„ Tallow wood	860 „	2,9 „
„ Deutscher Eiche . . .	500 „	6,9 „

säulen und Geländer, Eisenbahnschwellen, Holzpflaster, Waggon- und Schiffbau, See- und Hafenbauten.

2. Pockholz (Guajakholz). Das aus Westindien eingeführte, einen braunen bis dunkel olivgrünen Kern, oft mit gelben Streifen, zeigende Holz besitzt eine sehr große Widerstandsfähigkeit, Schwere (γ = 1,3 i. M.), und Beständigkeit; es ist ein begehrtes Holz des Maschinenbaues, und für alle Drechslerarbeiten, bei denen es auf grosse Härte und dauernden Widerstand des Erzeugnisses ankommt, besonders geschätzt.

3. Teakholz, das Holz der indischen Eiche, zeigt gelbe bis dunkelbraune Färbung, hat deutlich hervortretende Jahresringe und (meist helle) Markstrahlen, einen hohen Harzgehalt, aber keinen Gerbstoff; das Raumgewicht beträgt i. M. 0,80, das Holz ist also nicht allzu schwer. Teakholz gehört zu den dauerhaftesten Holzarten und findet Verwendung für Schwellen, Täfelungen, im Schiffbau, in der Kunsttischlerei und Drechslerei. Neben Indien liefern auch Java, Brasilien und das tropische Westafrika sogenannte, der indischen aber nachstehende, wenn auch wertvolle Teakhölzer.

4. Quebrachoholz, vorwiegend aus Argentinien eingeführt, ist wegen seiner Dauer und Festigkeit ein Holz für Eisenbahnschwellen und Holzpflaster und hierfür bestens bewährt; als Schwelle verwendet, ist die Dauer des Holzes etwa die doppelte guten Eichenholzes[1]).

5. Als weniger wichtige, aber immerhin, namentlich für die Kunsttischlerei wertvolle Auslands-Laubhölzer sind erwähnenswert:

a) Mahagoni-Holz, aus Westindien (am meisten begehrt) und Mittelamerika kommend, zeigt hellrotbraunen bis kastanienbraunen Kern (namentlich später) mit zahlreichen, seidenglänzenden Markstrahlen; es ist oft schön gemasert, geflammt usw. Verwendung in der Möbelfabrikation (auch als Blindholz), im Maschinenbau, im Apparatenbau usw. Nicht selten werden auch die heller farbigen Eukalyptus-Arten (vgl. S. 368) als Mahagoni bezeichnet, so z. B. Tallow-wood und Moa als Rolo-Mahagoni, Jarrah als australisches Mahagoni usw.

b) Ebenholz; unter diesem Namen gelangen eine Anzahl harter, schwer bearbeitbarer, sehr gleichmäßiger und im Kern schwärzlich bis schwarz gefärbter, teurer Holzarten in den Handel, namentlich aus Ostindien, Madagaskar, Ceylon, Sansibar (weniger gut und wertvoll) Kamerun. Ebenholz findet Anwendung zu feineren Instrumenten, Klaviaturen, Handgriffen, Fournier- und Drechslerarbeiten.

c) Campecheholz — auch Blauholz oder Blutholz genannt — von rotbrauner bis blutroter Färbung, später bis ins Schwarzblaue nachdunkelnd; es wird verwendet zu feinen Drechsler- und Kunsttischlerarbeiten, vorwiegend aber zur Farberzeugung.

d) Fernambuk oder Rotholz, aus Südamerika eingeführt (daher auch der Name: echtes Brasilien-Holz) ist ein zunächst bleichrotes, dann dunkelrotes Holz, das zur Herstellung von Farben und in der Kunsttischlerei und Drechslerei Verwendung findet.

e) Palisanderholz, aus Brasilien und Ostindien kommend, eines der höchstgeschätzten Möbelhölzer, von dunkelbrauner Farbe mit blaurotem Schimmer und schwarzen Streifen, daneben auch helleren Stellen.

f) Rosenholz, rosen- bis karminrote, oft dunkel gemaserte Hölzer der Tropen von sehr verschiedener Art und Herkunft (kanarische Inseln, Ostindien, Westindien, Brasilien), ein Luxusholz der Kunsttischlerei.

g) Sandelholz, sowohl „rot", mit schwarzen Adern und als Farb- wie Kunsttischlerholz geschätzt, wie „weiß" oder „gelb" mit rötlichen Streifen, ein Luxusholz; es stammt aus Ostindien, Ceylon, Siam.

h) Königsholz, eine allgemeine Bezeichnung für besonders farbenprächtige Hölzer der Tropen von schön tiefroter, violetter, brauner Färbung, ein wertvolles Zierholz.

i) Hickoryholz, ein nordamerikanisches Nußbaumholz, dem Eschenholze in Eigenschaften und Verwendung entsprechend, also vorwiegend ein Material des Wagenbaues und zur Werkzeugherstellung.

---

[1]) Beiläufig sei bemerkt, daß das Holz heute in großen Mengen im zerkleinerten Zustande eingeführt, als Gerbmittel bei uns Verwendung findet und viele einheimische Gerbhölzer verdrängt.

k) Green heart, Grünholz, ein gelbbraunes westindisches Holz, sehr hart, harzreich und widerstandsfähig, vorwiegend ein Schiffbauholz.

l) Grenadille (Granadille)-Holz, ein dem Ebenholz ähnliches Holz von brauner Farbe aus Kuba, Jamaika, der Senegal-Niederung usw.; es wird als Werkzeug- und Drechslerholz sehr geschätzt.

Kapitel XXI.

Die Bearbeitung und Vorbereitung des Holzes und das Holz als „Bauholz".

§ 65. Die Bearbeitung und Vorbereitung des Holzes.

Die Frage, ob das baulich zu verwendende Holz zweckmässiger im Winter oder im Frühjahr bzw. Sommer geschlagen werden soll, muß als eine heut noch offene und nicht ausreichend geklärte bezeichnet werden; dabei sei aber hervorgehoben, daß ihr nicht diejenige erhebliche Bedeutung für eine spätere Bewährung des Holzes zukommen dürfte, die vielfach vorausgesetzt wird.

Vom allgemeinen wirtschaftlichen Standpunkte aus dürfte dem Schlagen der Bäume im Winter der Vorzug zu geben sein, weil hier einerseits die Arbeitslöhne bei dem größeren Angebot forstlicher Arbeiter geringer zu sein pflegen und andererseits die Arbeit des Fällens der Laubbäume — wegen des Mangels an Blättern — einfacher und übersichtlicher wird. Auch ist zu berücksichtigen, daß, wenn gefälltes Holz im Frühjahr oder Sommer — also in warmer Jahreszeit — längere Zeit mit der Rinde im Walde lagert, sowohl die Gefahr der Einnistung von Holzkäfern, Würmern usw. besonders groß ist, als auch eine Zersetzung der Eiweiß- und stickstofthaltenden Körper — namentlich in der Nähe der Rinde — eintreten kann; hierdurch werden dann die jüngeren, saftreichen Holzteile erstickt, wobei zu gleicher Zeit das „Holz" anläuft, d. h. der Splint dunkler wird[1]); solches Holz ist — wenn es sehr bald einer ausreichenden Trocknung unterzogen wird, baulich zwar noch verwendbar; man sollte sich aber durch genauere Untersuchung stets vergewissern, ob nicht schon durch Fäulniskeime oder dergl. eine Zersetzung der Holzfasern begonnen hat. Da alle diese Vorgänge sich im Winter — wenn überhaupt — sehr viel langsamer einstellen, so liegt es auf der Hand, daß Holz — welches dem „Stocken, Ersticken" leicht unterliegt — zweckmäßig im Winter geschlagen und zudem bald ganz oder teilweise entrindet werden sollte. Auf der anderen Seite spricht gegen das Winterholz sein höherer Gehalt an Stärkemehl, der namentlich später den Wurmfraß zu begünstigen vermag, während wieder für Nadelholz die im Winter eingedickten, konservierenden Harze und Öle einen besonderen Schutz gegen Fäule gewähren dürften.

Aus den obigen Darlegungen ergibt sich, daß im allgemeinen, auch vom wirtschaftlichen Standpunkte aus, das Fällen des Holzes im Winter vieles für sich hat, und demgemäß i. d. R. zu empfehlen ist.

Ob ein im Winter oder Sommer geschlagenes Holz vorliegt, erkennt man durch eine Behandlung des Holzquerschnittes mit einer Jodlösung, wobei — eine Folge des

---

[1]) Bei den Nadelhölzern tritt hierbei eine blaugrüne Verfärbung, bei der Eiche eine braune Farbe, bei der Rotbuche eine gelbbraune Tönung auf; namentlich sind Rotbuchen, weniger Nadelhölzer — in noch geringerem Maße die Eiche, diesem Ersticken ausgesetzt.

hohen Gehaltes des Winterholzes an Stärkemehl — bei diesem die Markstrahlen als dunkle Linien auf hellem Untergrunde heraustreten, während sie bei Sommerholz gleichmäßig hell verbleiben.

Ob endlich das im Winter geschlagene Holz der Schwammgefahr gegenüber eine größere Widerstandsfähigkeit als Sommerholz besitzt, ist noch nicht ausreichend erforscht, erscheint aber nicht wahrscheinlich.

Das Fällen des Baumes erfolgt entweder oberhalb seiner Wurzel oder durch Absägen und Abhauen der Hauptverzweigungen dieser[1]); am gefällten Stamme werden das Wurzel- und Zopfende unterschieden. Nur selten wird heute noch der Stamm unmittelbar im Walde mit der Axt beschlagen — waldkantiges Holz — da hierbei keine glatten und regelmäßigen Begrenzungsflächen und Linien zu erzielen sind und somit ein erheblicher Holzverlust hiermit verbunden ist; hingegen ist es gut, der allmählichen Austrocknung des Stammes halber, die Rinde zum Teil zu entfernen; da eine vollständige Beseitigung dieser ein ungleichmäßiges Austrocknen des Stammes, d. h. ein allzu schnelles Austrocknen des Splinters allein und demgemäß das Auftreten lang durchgehender Risse zur Folge haben kann, so ist die Entrindung des Stammes nur teilweise vorzunehmen, und zwar entweder in Form einzelner Ringe oder — besser — eines spiralförmig um den Stamm herumlaufenden Bandes; hierbei wird zu gleicher Zeit — neben der Trockenwirkung — auch ein erhebliches Heraustreten des Saftes und dessen Fortführung durch Regen usw. bewirkt. In gleichem Sinne, d. h. das Wasser teilweise durch Verdunsten zu entfernen, wirkt bei im Sommer geschlagenem Laubholze ein Liegenlassen des Stammes mit seinen Ästen und Blättern, bis diese vollkommen verwelkt sind, und bei Winterholz, ein Austreiben der am Stamme verbliebenen Äste und Zweige im Frühjahre. Damit an den Enden des Stammes keine schädlichen Kernrisse eintreten, werden das Wurzel- und Zopfende mit Teer oder ähnlichen Stoffen bestrichen, oder mit Pappe, Holzbrettern, starkem Papier und dergl. benagelt, um eine langsame, gleichmäßige Austrocknung zu erfahren. Es liegt auf der Hand, daß die vorerwähnten Entrindungs- und Schutzarbeiten erst, ihrem Zweck entsprechend, mit dem Eintritte der wärmeren Jahreszeit notwendig werden; deshalb werden sie am Winterholz i. d. R. auch erst mit Beginn des Frühjahres ausgeführt, während bis dahin der Stamm unentrindet im Walde lagert; dies gilt namentlich von den Nadelhölzern.

Während das frische Holz — wie bereits in § 62 erwähnt wurde — rd. etwa 50% an Wasser aufweist, geht der Gehalt des „waldtrockenen" bis auf etwa 30 und 25% herunter; eine weitere Austrocknung kann nur unter besonderem Schutze, oder künstlich erfolgen, und wird um so gleichmäßiger und schneller vor sich gehen, je mehr Verdunstungsflächen vorhanden, d. h. je geringer die Holzstärken sind. Deshalb empfiehlt es sich, das Holz vor der weiteren Austrocknung in die für später gewünschte Form zu zerteilen, das Holz also zum Trocknen zerschnitten — in Form von Balken, Bohlen, Brettern usw. zur Aufstapelung zu bringen; hierbei sind die einzelnen, meist durch kleine Holzleisten getrennten, gegen die Bodenfeuchtigkeit isolierten Lagen abwechselnd senkrecht zu einander aufzubringen, und wenn möglich, die zwischenliegenden Leisten oben und unten ausreichend weit einzukerben, damit über und unter ihnen hinweg die Luft zu streichen und somit in der Längsrichtung der Hölzer durchzugehen vermag; gerade hierdurch wird, wie die Erfahrung gezeigt hat, ein besonders gutes und schnelles Aus-

[1]) Diese Arbeit ist zwar schwieriger, gewinnt aber mehr Holz, namentlich auch einen längeren Stamm und schließt für diesen die Gefahr eines Spaltens, die bei Umhauen über der Wurzel beim Abbrechen vorhanden ist, aus.

trocknen bewirkt. Derartige Stapel sind namentlich in der ersten Zeit — besonders bei lange anhaltender feuchter Witterung des öfteren umzusetzen, da einzelne angefaulte Hölzer sehr leicht andere anstecken. Damit das Holz dauernd gegen die Einwirkungen von Sonne und Regen geschützt ist, sind die Stapel mit einem leichten, ausreichend hervortretenden Dache zu überbauen. Wird das Holz ohne solchen Schutz den Einwirkungen der Atmosphärilien ausgesetzt, so tritt — abgesehen vom Schwinden, Reißen, Faulen — ein „Vergrauen" ein, bezeichnet durch eine filzige Umwandlung seiner Oberfläche und durch eine graue, manchmal seidenartig glänzende Verfärbung, die ein Anzeichen der Zerstörung der obersten Holzzellen ist.

Die meisten Hölzer läßt man 1—2 Jahre im Freien liegen, und bringt sie dann in besondere, allseitig geschützte, luftige, am Boden gepflasterte bzw. asphaltierte Holzschuppen; wie bereits in § 62 erwähnt, dauert es recht lange und zwar bei weichem Holze 2—3, bei hartem 4—5 Jahre, ehe sie vollkommen lufttrocken sind, d. h. an die Luft kein Wasser mehr abgeben; es entspricht dies einem alsdann immer noch vorhandenen Wassergehalte von 15—20 %.

Eine künstliche Trocknung — Dörrung des Holzes — wird in besonderen Trockenkammern bewirkt, welche mit den in der Ziegelfabrikation verwendeten eine gewisse Ähnlichkeit besitzen, an ihrem Boden Heizrohre (für Wasser- oder Dampfheizung) aufweisen und an einer der Längswände mit einem der Luftbewegung dienenden Ventilator ausgestattet sind. Während bei ganzen Stämmen oder starken Hölzern die Erwärmung, um ein Reißen dieser auszuschließen, sich zunächst in mittleren Graden zu halten hat (30—50° C), erlangt sie bei vielfach geteilten Hölzern eine Höhe von 80—95° C. Neben den Trockenkammern finden sich auch — namentlich für nicht allzu ausgedehnte Holzstücke — besondere, von außen her mit Dampf von 100° C geheizte und demgemäß ummantelte Eisengefäße, Kessel usw., innerhalb derer die Verdunstung durch die Einwirkung einer Luftpumpe vergrößert wird; auch wird unmittelbar — und zwar überhitzter — Dampf in derartige Gefäße eingeleitet.

Schließlich kann ein künstliches Schwinden des Holzes durch eine Behandlung dieses mit stark Wasser anziehenden Salzen — z. B. einer konzentrierten Lösung von Chlorkalzium[1]) — bewirkt werden.

Neben dem ausreichenden Trocknen des Holzes wirkt auf eine längere Beständigkeit auch das Auslaugen desselben hin, bestehend in einer Lösung und Fortführung der löslichen Bestandteile des Baumsaftes. Ein solches Auslaugen kann erfolgen in kaltem Wasser, in siedendem Wasser und durch Wasserdampf.

Die Auslaugung unter Einwirkung des kalten Wassers hat naturgemäß gegenüber den anderen Arten eine geringere Wirkung, erfordert aber auch erheblich weniger Kosten; hier werden die Baumstämme unter fließendes Wasser gebracht, mit dem Kopfende nach unten und in ihm — je nach der Weichheit oder Härte des Holzes bzw. dem Harzgehalte[2]) — einige Monate bis (bei der Eiche) zwei Jahre belassen. In ähnlichem Sinne wirkt auch die Flößerei günstig auf das Holz ein; es sollte deshalb von dieser Transportart, wo irgend erreichbar, tunlichst Gebrauch gemacht werden.

Wirksamer aber teurer ist die Auslaugung mit heißem, i. d. R. durch eingeleiteten Dampf erhitztem Wasser; sie findet bei kleineren Abmessungen der Holzteile vielfach in eisernen Kesseln, bei größeren Hölzern in ausgedehnten Holzbehältern statt

---

1) Hierbei läßt man das Holz etwa 2—3 Stunden in der auf 120° C dauernd erhaltenen Lösung.

2) Nadelhölzer sind nicht allzulange auszulaugen, da sonst der Harzgehalt und damit die das Holz konservierenden Stoffe eine Verminderung erfahren.

und dauert meist einige Stunden (6—12), da das heiße Wasser nur verhältnismäßig langsam in das Innere des Holzes einzudringen vermag.

Am sichersten auf Erfolg ist bei der Auslaugung mit Dampf zu rechnen, der gut in das Holz eindringt und die Saftbestandteile sehr energisch löst; hier wird der in einem Kessel erzeugte Dampf dem in einem geschlossenen Gefäße verschiedenster Ausgestaltung (Kessel, Holzkasten, gemauerter Behälter) befindlichen Holze und zwar möglichst von vielen Seiten zugeleitet, um in die Poren dieses einzudringen, die Saftbestandteile aufzulösen und nach eingetretener Verdichtung mit letzteren in Form von Wasser zum Abflusse zu gelangen.

Hierbei soll der Dampf nur 100° C Temperatur besitzen, da bei höherer Wärme die Holzfaser verändert und geschwächt wird. Nach Karmarsch ist auf 1 qm Kesselfläche ein Raum von 40 cbm im Auslaugekessel zu rechnen. Hat letzterer selbst die Gestalt eines liegenden zylindrischen Kessels, so findet die Fortbewegung des Holzes in ihm zweckmäßig durch Vermittelung einer eingebauten Schienenbahn und auf ihr laufender Transportwagen in ähnlicher Weise statt, wie es bei der Herstellung der Kalksandziegel auf S. 151 angegeben und in Abb. 6 dort zur Darstellung gebracht ist.

Um das Holz nicht zum Reißen zu bringen, hat die Zuleitung des Dampfes zunächst langsam und zwar zweckmäßig in der Art zu erfolgen, daß erst nach einem mehrstündigen Betriebe der Dampf zu voller Wirkung gelangt; die Zuleitung hat so lange zu erfolgen, bis aus dem Ablaufhahne vollkommen klares Wasser zum Abflusse gelangt — ein Zeitpunkt, der etwa in 60 Stunden von Einleitung des Dämpfens an erreicht zu werden pflegt.

Nach dem Dämpfen ist das Holz, wenn es nicht weiter behandelt wird, in Trockenkammern — besser als an der Luft — zu trocknen; meist aber bildet heute das Auslaugen mit Dampf nur die Vorbereitung für das folgende Imprägnieren des Holzes mit einer fäulnisverhindernden Flüssigkeit — worüber von anderer Stelle (§ 67) das Wichtigste mitgeteilt wird.

Gedämpftes Holz läßt sich namentlich in geringeren Stärken bequem und dauernd in beliebige Form bringen — eine Eigenschaft, auf der u. a. die Herstellung gebogener Möbel usw. beruht —, besitzt nach dem Austrocknen einen hellen Klang, ein um etwa 5—10 v. H. vermindertes Raumgewicht, eine gleichmäßigere dunkle Färbung, nimmt weniger Wasser als sonst auf, und trocknet schneller als im normalen Zustande; dabei ist seine Festigkeit eher vergrößert als vermindert.

Bei der meist unter Verwendung von Maschinen erfolgenden **Bearbeitung des Holzes** ist es naturgemäß, daß Harthölzer einen bei weitem größeren Widerstand als weiche entgegensetzen; auch ist krankes Holz i. d. R. weniger gut bearbeitbar als gesundes; ferner erleichtert die Feuchtigkeit des Holzes bei hartem und kurzfaserigem Material die Schneidearbeit parallel zur Faser, während sie bei weichem langfaserigem, wegen des leichtern Einreißens und Abspaltens ziemlich erschwert wird. Bei einer Schneidewirkung senkrecht zur Achse ist hingegen ein größerer Saftreichtum stets von Vorteil für die Arbeitsführung.

Zum Teilen und Beschneiden des Holzes dienen in erster Linie die verschiedenartigsten Sägen, die nur bei kleinen Arbeiten von Hand aus bewegt werden (Schrotsäge, Fourniersäge von 2 Arbeitern geführt, für noch einfachere Verhältnisse die kurze Fuchsschwanzsäge), i. d. R. aber einen Maschinen-Antrieb erhalten; hier kommen in Frage: Rahmensägemaschinen, Bandsägemaschinen, Kreissägen (Abart Pendelsägen), endlich Dekupiersägen.

Die Rahmensägemaschinen haben ihren Namen davon, daß hier die Sägeblätter — eines oder eine ganze Anzahl — im Rahmen, und zwar in dessen Längsseiten, den „Gattersäulen“ geradlinig geführt werden; je nach der Schnittbewegung, d. h. der Richtung, in der die Säge schneidet, unterscheidet man: Vertikal- und Horizontalgatter.

Ein Vertikalgatter (und zwar ein Bundsägegatter) stellt Abb. 251 [1]) dar.

Das Gatter dient zum Schneiden von Brettern, Bohlen, Kanthölzern jeder Art und arbeitet mit mehreren Sägeblättern. Der Vorschub der Stämme erfolgt durch zwei Paar angetriebene Walzen, von denen die oberen in der Höhe, dem Stammdurchmesser entsprechend, leicht verstellbar und durch Gewichte belastet sind. Der Vorschub der Walzen wird durch ein kontinuierlich arbeitendes Friktionsvorgelege bewirkt, welches auch eine Veränderung der Geschwindigkeit während des Ganges der Maschine gestattet. Die Stämme ruhen auf eisernen Wagen.

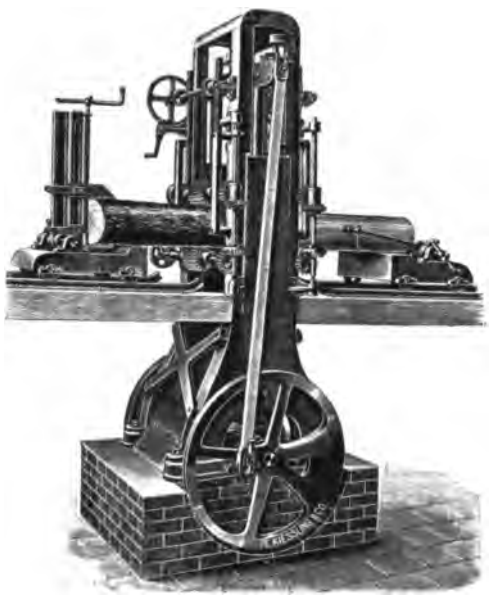


Abb. 251.

Ein Horizontalgatter — namentlich für das Schneiden wertvoller Hölzer — ist in Abb. 252 dargestellt.

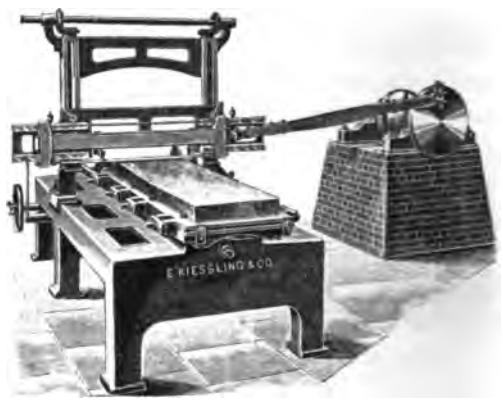


Abb. 252.

Der Tisch wird mit genau gleichmäßigem Vorschub durch eine Spindel bewegt; die Schnelligkeit der Bewegung ist beliebig einstellbar; naturgemäß können auch hier eine Anzahl von Sägeblättern angeschlossen werden.

Horizontalgatter sind mehr als die allerdings weniger Raum verlangenden Vertikalgatter beliebt, weil letztere eine erhebliche Höhe erfordern und dementsprechend einen schweren Bau verlangen.

Bei der Bandsäge — Abb. 253 — wird ein sehr dünnes und biegsames bandartiges Sägeblatt über 2 Triebscheiben geführt. Die Leistungsfähigkeit ist eine gute, da die Säge niemals leer geht und eine sehr erhebliche Schneidegeschwindigkeit erhalten kann.

Das Gestell in Abb. 253 — ein kräftiger stabiler Hohlgußständer, trägt in seinem oberen Teile die Führung zur oberen Sägewelle, die durch ein verstellbares Gewicht elastisch gelagert und mittelst

[1]) Diese Abbildung sowie die nachfolgenden sind dem Hauptkataloge der Maschinenfabrik E. Kiesling & Co., Leipzig-Plagwitz entnommen, die sich mit Säge- und Holzbearbeitungsmaschinen befaßt. Die hier gegebenen Abbildungen sind nur als Vertreter der jeweiligen Maschinenart aufzufassen; ein Eingehen auf ihre Spezialausbildung würde im Rahmen dieses für Architekten und Ingenieure verfaßten Lehrbuches zu weit führen.

Handrad und Spindel verstellbar ist. Zur seitlichen Führung des Blattes sowie zum Schutze sind Holzführungen angebracht. Der Tisch kann schräg gestellt werden.

Kreissägen sind, sich mit i. d. R. sehr großer Geschwindigkeit drehende, an wagerechter Achse angeschlossene, kreisrunde Blätter — Abb. 254 und 255.

Abb. 253

Abb. 254.

Abb. 254 zeigt eine einfache, durch ein Vorgelege getriebene Kreissäge mit senkrecht verstellbarem, mit Linealen zum Lang- und Querschneiden versehenem Tische, während in Abb. 255 eine Kreissäge mit selbsttätigem Laufwagen dargestellt ist, wie sie hauptsächlich zum Schneiden von Kanthölzern, Schwellen, Pfosten usw. aus ganzen Stämmen Verwendung findet. Diese Maschine kann ohne große Fundamentarbeiten überall leicht aufgestellt werden. Der Wagen ist von Holz. Die Einspannung des Stammes geschieht durch geeignete, in Böcken geführte, verschiebbare Klemmvorrichtungen. Der Vorschub erfolgt durch Zahnstange und Getriebe.

Abb. 255.

Abb. 256.

Besondere Arten der Kreissäge bilden a) die Säge mit schwankendem Blatte zum Einschneiden von Nuten in Bretter, zum Anschneiden von Zapfen u. dergl., b) die mit mehreren parallel zu einander gestellten Sägen ausgerüsteten Maschinen zum Einschneiden gerader oder schiefer Zinken (Zinkenschneidemaschinen), c) die ebenfalls eine Anzahl Sägeblätter zeigenden Latten-Kreissägemaschinen, zum Zuschneiden von Dachlatten, Brettern usw. in größerer Anzahl auf einmal.

Eine weitere Abart bildet die Pendelsäge — Abb. 256.

Die an der Decke in kräftigen Hängearmen gelagerte Säge dient unter Verwendung eines unter ihr stehenden Holztisches vorwiegend zum Zuschneiden der rohen Pfosten und Bretter auf bestimmte Längen.

Dekupiersägen dienen vorwiegend der Kunst- und Möbeltischlerei für Schweifsägearbeiten.

Der Kreissäge nahe stehen die in erster Linie für die Möbelindustrie wichtigen Fraismaschinen mit senkrechter und wagerechter Drehachse und auf dieser aufsitzenden, profilierten Messern, die dem Holze jede beliebige Profilform zu geben vermögen.

Ferner kommen, weniger für bauliche Zwecke als vorwiegend für Tischlerarbeiten [1]) als Spezialmaschinen zur Holzbearbeitung in Frage:

Bohrmaschinen mit an senkrechter, seltener an wagerechter Welle montiertem Bohrer, im letzteren Falle vielfach als Langbohrmaschinen bezeichnet.

[1]) Deshalb sind auch diese Maschinen hier nur kurz erwähnt.

Stemmmaschinen, zur Einarbeitung rechtwinkelig begrenzter Löcher in das Holz, meist so eingerichtet, daß das langsam in das Holz eindringende „Stemmeisen“ um 90° gedreht werden kann.

Nut- und Spundmaschinen, zur Einarbeitung von Nuten und zum Spunden der Bretter, auf der Einwirkung profilierter, sich schnell drehender an wagerechter Achse angeschlossener Messer beruhend, die an dem über sie hinweggeführten Holze die Profile ein- bzw. anschneiden.

Kehlmaschinen mit einer oder mehreren Messerwellen arbeitend, in letzterem Falle an senkrechter und wagerechter Achse, um ein Holzstück an mehr als einer Seite zu gleicher Zeit profilieren zu können.

Hobelmaschinen, entweder Langholzhobelmaschinen, auch Planhobelmaschinen, mit an wagerechter Achse sich drehenden Messern, die das Holz in seiner Längsrichtung eben bearbeiten, oder Querhobelmaschinen — auch Scheibenhobelmaschinen, bei denen die Messer auf einer schnell rotierenden Scheibe sitzen, namentlich zur Glättung von Endflächen benutzt.

Holzdrehbänke zum Abdrehen zylindrischer oder beliebig profilierter Hölzer, je nach der geraden oder selbst profilierten Form der Messer, in letzterem Falle vielfach als Fassondrehbänke bezeichnet.

Kopiermaschinen zur Bearbeitung unregelmäßig geformter Gegenstände aller Art unter Verwendung eines in den Maschinen festgelegten Modells, mit dessen Oberfläche die Abdrehmesser in eine automatische Verbindung in der Art gebracht sind, daß das Erzeugnis genau dem Modell angepaßt ist.

Schleifmaschinen — Sandpapiermaschinen u. dergl. zum Nachputzen gehobelter Flächen usw. usw.

Von einfachem Handwerkszeug zur Bearbeitung des Holzes kommen neben den verschiedenen Arten der glatten oder profilierten Hobel in Frage das leichtere Stechzeug und das schwerere, sonst gleichartige, mit dem Hammer zu bedienende Stemmzeug, und zwar einfache Meißel, Kreuzmeißel, Hohleisen (⌒-Form), Geißfüße (∧-Form mit ⋖ von 90, 60 und 40°). Vierereisen (⊓-Form) zum Einstemmen von viereckigen Löchern dienend, Handbohrer usw.

Eine künstliche **Färbung** der Hölzer, namentlich zum Zwecke der Nachahmung wertvoller Auslandshölzer durch billigere einheimische, erreicht man durch Beizen und Färben des Holzes. Hierdurch können unseren wenig gefärbten Holzarten alle möglichen Farben verliehen werden, und zwar unter Wahrung der für das einzelne Holz bezeichnenden Textur und Maserung, vielfach sogar unter Hervorhebung dieser. Demgemäß können zum Färben des Holzes auch nur solche Stoffe verwendet werden, welche sich in Wasser, Spiritus, Terpentin oder ähnlichen geeigneten Mitteln vollkommen lösen und befähigt sind, in die Holzporen einzudringen und sich hier abzulagern. Ferner muß eine gute Holzbeize vollkommen widerstandsfähig sein gegen alle Einwirkungen des Lichtes und der Luft; endlich ist auf die Vermeidung hellerer oder dunklerer Flecke beim Beizen zu achten; hierbei spielt neben fehlerhaftem Auftragen der Farbe die wichtigste Rolle das Holz selbst, das möglichst gleichartig sein soll. Ast- oder Splintstellen in Verbindung mit Kernholz gestatten infolge der mangelhaften bzw. stark vermehrten Aufsaugung des Farbstoffes keine gleichmäßig gefärbte Oberfläche und bedingen Flecke; auch dürfen Langholz- und Hirnholzflächen nie gemeinsam behandelt werden, da gerade die letzteren die Beizflüssigkeit in so großen Mengen einsaugen, daß sehr bald hier eine dunkle, wenn nicht schwarze Färbung, entsteht. Deshalb tränkt

man diese Hirnflächen vor dem Färben gern mit einer dünnen Leimlösung, die das Einziehen der Beize verhindert und verdünnt diese zudem in erforderlicher Weise.

Endlich ist auch mit der Stärke der Beize der größeren Weichheit oder Härte des Holzes Rechnung zu tragen, und Rücksicht auf die chemischen Einwirkungen zu nehmen, welche der Gerbstoffgehalt des Saftes auf manche Farben ausübt. Als Farbstoffe finden Verwendung Farben aus anderen Hölzern gewonnen, Mineralfarben, Anilinfarben u. dergl., als Lösungsmittel: abgekochtes Wasser, Alkohol und Terpentinöl[1]), (meist mit Zusatz von Wachs).

Soll die Färbung des Holzes — z. B. bei dünnen Fournieren, durch seine ganze Masse hindurch erfolgen, so kann bei weichem Holze und geringen Stärken hierfür ein langes Einlegen in die kalte Farbbrühe ausreichend sein, während bei hartem Material und größerer Stärke eine Öffnung der Holzporen durch Wasserdampf und ein Einpressen der Farbflüssigkeit unter Druck notwendig wird[2]).

Gut zur künstlichen Färbung eignet sich das Holz der Birne, Birke, Linde, Ulme, Erle und des Ahorns, ziemlich gut des der Eiche, Rotbuche und der Esche, wenig das der Nadelhölzer.

Zur künstlichen Färbung des Holzes ist auch das bei Eichenholz, überhaupt einem an Gerbsäure reichem Holzmaterial, mögliche Räuchern zu rechnen, bei dem das Holz eine dunkle, sonst erst im Verlaufe längerer Zeit (20—50 Jahre) sich bildende Altfärbung erhält. Da letztere durch die Einwirkung des stets in der Luft enthaltenen Ammoniaks auf die Gerbsäure bewirkt wird, so beruht das Räuchern auf der Überleitung gasförmigen Ammoniaks über das vorher gut abgeschliffene Holz. Ist der Gerbsäuregehalt ein nur geringer, oder die Färbung durch Räuchern nicht in der erwünschten Tiefe ausgefallen, so kann man sich durch eine besondere Imprägnierung des Holzes mit einer Lösung von Tannin vor dem Räuchern helfen[3]).

Ein plastisches Heraustreten der härteren Holzfasern, also der Maserung, erreicht man durch Behandeln der Holzflächen mit dem Sandstrahlgebläse, welches die weicheren Holzteile fortnimmt, oder auch auf chemischem Wege durch Ätzung mit Säuren, namentlich verdünnter Schwefelsäure; das für besondere Täfelungen im inneren Ausbau angewendete Verfahren liefert besonders wirkungsvolle Holzflächen bei den amerikanischen Kiefernhölzern, daneben bei Esche und Eiche.

Soll Holz gebleicht werden, so geschieht dies — nach vorheriger Entfernung der Gerbsäure, des Harzes usw. durch Kochen oder Dämpfen in Kalilauge oder Sodalösung — vermittelst Lösungen von Chlorkalk oder Wasserstoffsuperoxyd; am besten eignen sich zum Bleichen die weißen Laubhölzer, am wenigsten die Nadelhölzer.

Eine spiegelnde Oberfläche mit hohem Glanze erhält das Holz durch Polieren; am politurfähigsten sind die mittelschweren und mittelharten Holzarten, namentlich solche mit größeren Gefäßen. Harzgänge und Markstrahlen größerer Ausdehnung bieten Schwierigkeiten; Hirnflächen sind weniger gut als Längs- und Sehnenschnitte zu polieren.

Das Polieren beruht darauf, die Poren und sonstigen Vertiefungen auf der Oberfläche des Holzes mit einem Stoffe auszufüllen, der die Farbschönheit und Maserung des Holzes gut wahrt bezw. noch besser zur Erscheinung bringt und Glanz annimmt. In der Regel wird zu diesem Zwecke das Harz Schellack[4]) in 7—8 Teilen Weingeist auf-

[1]) Die Terpentin- und Wachsbeizen sind namentlich dort empfehlenswert, wo durch Einwirkung scharfer Alkalien eine ältere Farbhaut vom Holze entfernt worden ist, und mit den Rückständen dieser Alkalien in den Holzporen gerechnet werden muß.

[2]) Genaueres über alle diese Verhältnisse und namentlich die verschiedenen Färbungen zur Nachahmung wertvoller Hölzer findet sich in: Das Beizen und Färben des Holzes von Wilhelm Zimmermann, Leipzig. Verlag von A. Wehner. 4. Aufl. 1906.

[3]) In derselben Weise kann man Ahornholz schön rot, Birnenholz kräftig gelb räuchern.

[4]) Bei hellen Hölzern ist gebleichter Schellack zu verwenden.

gelöst und diesen Bestandteilen etwas Mastix, um die Politur hart zu machen, zugefügt; naturgemäß kann man letzterer auch bunte durchsichtige Farben beifügen, Karmin, Indigo usw., bei Schwarz feinen Kienruß.

Nach sorgfältigem Abschleifen der Holzoberfläche mit Sandpapier, Schachtelhalm, Bimssteinpulver und Leinöl u. dergl. wird die Politur mit Hilfe eines in Leinwand gehüllten kleinen Wollballens aufgebracht; hierbei dringt die Politur durch die feinen Poren der Leinwand in sehr gleichmäßiger Weise hindurch und gestattet ein Auftragen in feiner Schicht. Damit beim Überreiben die Politur nicht eintrocknet oder der Ballen festklebt, ist eine öftere, geringe Benetzung mit Leinöl notwendig, das zudem den Glanz der Politur erhöht.

Soll die Holzfläche einen matten Glanz erhalten, so wird in gleicher Weise eine Wachspolitur zur Anwendung gebracht, bestehend aus 10 Teilen Wachs, 4—7 Teilen Terpentinöl und 2 Teilen Weingeist; schließlich wird hier die aufgetragene Politur so lange mit weichen Bürsten eingerieben bis der gewünschte Glanz vorhanden ist.

Soll eine Glanzpolitur matter werden, so ist dies durch ein Abreiben mit Bimsstein und Leinöl zu erreichen, wie anderseits eine stumpf gewordene Politur durch ein Überpolieren mit einer Mischung aus 2 Teilen Stearinsäure und 3 Teilen Terpentinöl wieder ziemlichen Glanz erhalten kann.

---

§ 66. Das Holz als Bauholz (Handelsware).

Unter Bauholz oder Bauholzstämmen werden solche Stämme verstanden, welche in etwa $^1/_3$ ihrer Länge vom Gipfel her abgeschnitten, einen ziemlich starken „Zopf“ besitzen und demgemäß eine Verwendung als Kantholz gestatten. Verhältnismäßig selten kommt das Rundholz als solches für bauliche Zwecke in den Handel; i. d. R. wird es für den besonderen Zweck bearbeitet geliefert, abgesehen von Rammpfählen, Telegraphenstangen usw., bei denen nur die Rinde entfernt ist.

Gutes Bauholz muß trocken, möglichst gerade gewachsen, gesund, namentlich frei von faulen und morschen Stellen, sowie durchgewachsenen Ästen sein; es soll hell klingen, ohne Risse und Flecken sein und angenähert gleichmäßig voneinander abstehende Jahresringe aufweisen; dieselben sollen bei Nadelholz eng sein, während bei der Eiche breite Ringe eher als ein Vorzug anzusehen sind; auch gewährt bei manchen Hölzern, z. B. der Kiefer und der Lärche neben der Gleichmäßigkeit des Jahresringbaues das Verhältnis von Kernholz zum Splintholz einen Maßstab zur Beurteilung der Güte des Holzes.

Krümmungen des Holzes bedeuten i. d. R. einen Mangel, der um so fühlbarer ist, je kürzer und dünner der Stamm ist. Hierauf ist namentlich bei Rammpfählen zu achten, da ein spirallförmiger Verlauf der Faser hier zu Arbeitserschwernissen, zum Drehen des Pfahles usw. führt. Auch darf — namentlich im Hinblicke auf den, bei der Bearbeitung zum Kantholz usw. sonst unvermeidlichen starken Holzverlust, der Stamm nicht allzu stark gebogen sein; im allgemeinen dürfte für Bauholz eine Pfeilhöhe der Krümmung von $^1/_4$ des mittleren Durchmessers, das größte Abbiegungsmaß darstellen.

Als vollholzig wird ein Stamm bezeichnet, der nur ganz langsam sich nach oben verjüngt, wie es die Regel bei Bäumen bildet, die in geschlossenem Walde wachsen, während einzelnstehende Stämme vielfach „abholzig“ wachsen, verbunden mit weitgehender Astbildung. Die „Vollholzigkeit“ wird nach den Verhältnissen zweier Durchmesser,

in bestimmtem Abstande von einander gemessen, beurteilt; in der Praxis des Holzhandels bildet man in diesem Sinne das Verhältnis und den Durchmesser in $^1/_4$ und $^3/_4$ der Stammhöhe und benennt hiernach das Bauholz folgendermaßen:

Verhältniszahl:	0,7	0,7—0,75	0,75—0,80	> 0,80
Benennung:	sehr abholzig;	abholzig;	vollholzig;	sehr vollholzig.

Im allgemeinen wird Rundholz in der Mitte des Baumes (Stückes) und wenn gerade hier ein Ast sitzt, unmittelbar hinter diesem nach dem Zopfe zu gemessen und zwar nach geradzahligen cm im Umfange, nach vollen cm im Durchmesser[1]); die Länge wird in vollen, geradzahligen Dezimetern berechnet.

Als vielerseits benutzte Benennung für die Stärke der Baumstämme im Hinblicke auf ihre Verwendung als Bauholz kann die folgende gelten:

	Zopfdurchmesser	Länge
Besonders starkes Bauholz	≥ 34 cm	≥ 14 m
Starkes Bauholz	29—34 „	12—14 „
Riegelholz	21—26 „	9—12,5 „
Sparrenholz	15—21 „	9—11 „
Bohlstämme	13 „	7— 9 „
Lattenstämme	8 „	6— 7 „

Nach den in den K. Preuß. Staatsforsten vom 1. Oktober 1905 ab gültigen Vorschriften sind für Rundhölzer die folgenden Tax-Klassen eingeführt:

a) für Laubhölzer:

1. Wahlhölzer, d. h. ausgesuchte Hölzer von vorzüglicher Beschaffenheit zu besonderen Zwecken; sie sind um mindestens 25 v. H. höher zu bewerten, als Hölzer der nachstehenden Klasse A vom gleichen Durchmesser.

2. Klasse A, ausgesuchte, astfreie oder fast astfreie Hölzer, nur mit kleinen den Gebrauchswert nicht beeinflussenden Schäden behaftet.

3. Klasse B, gewöhnliche, nicht mit erheblichen Fehlern behaftete Stämme. Beide Klassen A und B werden nach der Mittenstärke untergeteilt in:

I.	Klasse	60 cm (und mehr)	Mittendurchmesser
II.	„	50—59 cm	„
III.	„	40—49 „	„
IV.	„	30—39 „	„
V.	„	unter 30 „	„

b) für Nadelhölzer:

1. Wahlhölzer, entsprechend wie bei den Laubhölzern.

2. Schneidehölzer; glatte Abschnitte mit mindestens 25 cm Zopfdurchmesser.

Unterabteilungen:

I.	Klasse	das Stück	über	2 Festmeter
II.	„	„ „	von 1—2	„
III.	„	„ „	unter 1	„

3. Gewöhnliche Rundhölzer.

Unterabteilungen:

I.	Klasse	Bau- und Nutzholzstämme	das Stück	über	2	Festmeter
II.	„	„ „	„	„	von 1—2	„
III.	„	„ „	„	„	„ 0,5—1	„
IV.	„	„ „	„	„	bis 0,5	„

[1]) Bei nicht kreisrunden Stämmen ist hierbei das Mittel aus dem kleinsten und größten Durchmesser zu nehmen.

Im allgemeinen ist bei der Messung der Stamm mit Rinde zu Grunde zu legen[1]); soweit letztere von seiten der Verwaltung aus besonderen Gründen entfernt ist, hat die Holzvermessung am entrindeten Stamme zu erfolgen[2]).

Unter Festmeter versteht man 1 cbm zusammenhängenden Holzes, unter Raummeter 1 cbm geschichteter Holzmasse.

Das heute baulich verwendete Holz ist fast stets mit der Säge geschnitten — scharf oder vollkantig, im Gegensatz zu dem nur roh beschlagenen wald- oder baukantigen Material. Hierbei dürfen „Scharfkantbalken", die in der Regel nur auf besondere Bestellung hin geliefert werden, keinerlei Rundkanten aufweisen, während vollkantige Hölzer bis zu $^1/_8$ ihrer Länge Baumkanten, die auf einer Seite höchstens $^1/_5$ der Gesamtbreite ausmachen, zeigen dürfen. Bei Bohlen und Brettern ist dieses Maß auf $^1/_{10}$ eingeschränkt. Wird aus einem Stamm ein Balken hergestellt, so spricht man von „Ganzholz", bei 2 bezw. 4 Hölzern von „Halbholz" oder „Kreuzholz". Eine günstige Querschnittsform ist für die Tragfähigkeit $b \leqq 0{,}7\ h$, wenn b die Breite und h die Höhe des Balkenquerschnittes darstellen.

Die im Jahre 1898 vom Verbande deutscher Baugewerksmeister unter Zustimmung der staatlichen Verwaltungen und bautechnischen Verbände angenommenen Normalabmessungen für Bauhölzer und Schnitthölzer sind die folgenden:

α) Bauhölzer.

Breite in cm .	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Höhe in cm . .	8	10	12	14	16	18	20	28	24	25	28
	10	12	14	16	18	20	22		26	28	30
		14	16	18	20	22	24		30		
				20	22	24	26				

[1]) Neben den vorgenannten Bestimmungen sind u. a. in Deutschland noch eingeführt:

1. im Süden: Die Heilbronner Sortierung:

Mindestlänge	Mindest-Zopf-Durchmesser	Klasse
18 m	30 cm	I
18 m	22 cm	II
16 m	17 cm	III
14 m	14 cm	IV
10 m	12 cm	V
8 m	7 cm	VI

2. im rheinischen Langholzhandel:

Holländer	L > 18 m	Zopfdurchmesser	> 30 cm
Maßholz	L > 17 m	Mittendurchmesser	> 20 cm
Mittelholz	L = 14—16 m	„	> 20 cm
Kleinholz	L = 8—13 m	—	

3. im Weichselgebiete: hier wird der Wert des Kiefernholzes beurteilt nach dessen größerer oder geringerer Eignung zu Schneideholz.

Klasse I wird vollkommen als Schneideholz verwendet.

Klasse II bis 75%, III bis 50%, IV nur als einstämmiges Bauholz brauchbar, namentlich astreiche Stämme usw. usw.

[2]) Man kann den Gehalt an Rinde im allgemeinen rechnen:

bei Fichte und Tanne	zu	8—12 v. H.
bei Kiefer	„	7—11 v. H.
bei Lärche	„	20—24 v. H.
bei Eiche	„	7—20 v. H.
bei Rotbuche	„	5—8 v. H.

und zwar sind naturgemäß die höheren Werte für stärkere Stämme zu nehmen.

β) Schnitthölzer (für Bretter, Bohlen, Pfosten, Latten[1]).

Längen: 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, 6,0, 7,0 und 8,0 m.

Stärken: 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 6,0, 7,0, 8,0, 9,0, 10,0, 12,0 und 15,0 cm.

In der Praxis sind vielfach die nachstehenden Bezeichnungen und Maße eingeführt[2]):

Ganzholz (13/18, 16/18, 16/21 cm oder 5/6, 6/7, 7/8 Zoll); Kreuzhölzer (8,8, 8/10, 10/10, 12/12, 10/13, 13/13, 13/16); Zangen (Halbhölzer) (8/16, 10/16, 8/18, 8/20, 10/20); Riegel (12/12, 12/14, 14/14, 14/16); Kopfbänder (10/12, 12/12, 12/14, 12/16, 16/18); Streben (12/16, 14/16, 16/18, 18/18, 20/20); Eck- und Bundstiele (12/12, 14/14, 16/16, 18/18, 20/20); Zwischenstiele (10/12, 12/14, 12/16, 14/16, 16/18); Schwellen (12/14, 12/16, 14/16, 16/18, 16/20); Ganze Balken 16/24, 18/20, 18/21, 18/22); Streichbalken (9/20, 9/22, 9/24, 10/24, 10/26, 11/26); Unterzüge (20/20, 22/26, 22/28, 24/30, 26/30); Pfetten oder Rähme (10/12, 12/16, 14/16, 16/18, 18/20); Sparren (10/12, 12/14, 12/16, 14/18, 14/20).

Die Holzlängen gehen in der Regel von 5—7 m und steigen in geradzahligen Dezimetern; üblich sind: 5,2, 5,4, 5,6, 6,2 und 6,4 m.

Unter Bohlen versteht man Schnitthölzer von 5—10 cm Stärke; unterschieden werden je nach der Lage im Stamme Zopf- und Stammbohlen, von denen die letzteren die besseren sind. Bei Verwendung von Bohlen als Fahrbahn im Brückenbau kommen Eichen- und Buchenholzbohlen in Frage; erstere empfehlen sich bei geringem Verkehr (da man nur hier von ihrer langen Dauer Nutzen ziehen kann), letztere bei starkem Verkehr (ihre Abnutzung läuft alsdann mit ihrer Zerstörung durch atmosphärische Einflüsse parallel).

Bretter sind 1,5—4,5 cm stark. Hier werden unterschieden: Ganze Spundbretter (4,5 cm stark), halbe Spundbretter (4,0—3,5 cm), Tischlerbretter (3 cm), Schalbretter (2,5 cm), Kistenbretter (2 cm und weniger[3]). Bretter erhalten stets Längen $\geq$ 3,0 m und $<$ 8,0 m; übliche Längen sind: 8,0, 7,0, 6,0, 5,5, 5,0, 4,50, 4,0, 3,50, 3,0 m. **Latten** zeigen 7,5 cm Breite und 3,2 cm Stärke.

Als Spalthölzer kommen Schindeln und Stakhölzer der Decken in Frage. Schindeln zeigen Breiten von 7,5—15 cm bei 0,6—2,5 cm Dicke; sie werden aus Klötzen von Fichten-, Tannen-, Buchen- oder Eichenholz durch Spalten hergestellt; Stakhölzer sind 3—4 cm stark; vielfach werden sie durch Schwarten oder dünne Bretter ersetzt.

Die Preise des Bauholzes schwanken oft nicht unerheblich, namentlich mit den Transportkosten und der Art der Beförderung, aber auch der Länge der Hölzer. Man kann etwa damit rechnen, daß 1 cbm kiefernes, geschnittenes Bauholz 45—60 Mk. kostet. Dachlatten (4 $\times$ 6 cm) kosten, je nach der Güte, 0,13—0,16 Mk. für 1 m, rauh gespundete Dachschalung 1,30—1,40 Mk./qm, Stakholz für 1 Raummeter etwa 10 Mk., einseitig gehobelter und gespundeter Kiefernfußboden etwa 2,80 Mk., desgl. Riemenboden 5,20 Mk./qm. Die Preise für Fichtenholz sind um etwa 10—20% geringer als für Kiefer, für Eiche etwa doppelt so hoch als für Kiefer. Bohlen aus Pitch-pine kosten bei n cm Stärke rd. n Mk./qm. Kieferne Spundbohlen sind zu etwa 90 Mk./cbm zu rechnen, Eck- u. dergl. Pfähle zu etwa 100—120 Mk./cbm.

---

[1]) Man unterscheidet: Dachlatten 6,5 cm breit und 4 cm stark, Doppellatten 8 cm breit und 4—5 cm stark, daneben Spalierlatten, Gipslatten als Unterlage für den Gipsputz.

[2]) Vergl. die Zeitschrift „Der Holzhändler", 1907.

[3]) Bretter von 0,5—5 mm Stärke heißen Fourniere; sie haben für Tischlerarbeiten aller Art größte Bedeutung.

Läßt man am Kantholze, um möglichst den Stamm auszunutzen an den Querschnittsecken einen Teil der „Waldkanten" stehen, so spricht man von „wahnkantigen" Balken. Beträgt bei einem sonst rechteckigen Querschnitte die Summe dieser Wahnkanten höchstens $^1/_5$ des Umfanges, so kann sein Querschnitt zu 0,95 b h, unter b und h die größte Breite und Höhe des Querschnittes verstanden, gerechnet werden; nehmen die Wahnkanten $^1/_3$ und $^1/_6$ des Umfanges ein, so ist $F = 0{,}9 \cdot b \cdot h$. Neben der Verwendung des Holzes im Hochbau kommen als Sondergebiete noch in Frage:

1. Eisenbahnschwellen[1]):

Als Holz finden Verwendung: Eiche[2]), Kiefer, Lärche, Rotbuche, selten Fichte und Tanne, daneben auch die aus Amerika eingeführten Kiefernhölzer und Quebrachoholz. Nach der Verwendung und den hierdurch bedingten Abmessungen unterscheidet man:

a) Weichenschwellen, mit scharfkantigen, rechteckigen Querschnitten aus bestem Holze hergestellt und von verschiedener Länge, von 2,5—7,0 m; ihr Preis wird nach lfm. bestimmt und beträgt für Kiefernholz je nach der 25—32 cm betragenden Breite bei 16 cm Höhe 2,70—3,50 Mk., desgl. für Eiche 4,10—5,20 Mk.

2. Normalschwellen — auch Schwellen ersten Ranges — für Hauptbahnen. Abmessungen $2{,}50 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}16$ m = 0,1 cbm in der Strecke, bzw. am Stoße: $2{,}60 \cdot 0{,}32$ $(0{,}30) \cdot 0{,}16 = 0{,}128$ cbm, vorwiegend mit trapezförmigen Querschnitten 26 . 19—26,16 cm. Kosten für je 1 Stück betragen in Kiefer rd. 3,0 bezw. 4,0 Mk., in Eiche rd. 5,0 bezw. 7,20 Mk.[3]).

3. Normalschwellen für Nebenbahnen mit normaler Spurweite in Abmessungen von rd. $2{,}5 \cdot 0{,}24 \cdot 0{,}14$ m mit Preisen von rd. 2,60 bzw. 4,20 Mk., je nach der Holzart (Kiefer, Rotbuche bzw. Eiche).

4. Schwellen für Schmalspurbahnen; ihre Länge beträgt das 1,7—1.8-fache der Spurweite. Der trapezförmige Querschnitt zeigt vielfach die Abmessungen

14 . 12,5—20 . 12,5 cm.

Das Holz der Schwellen muß besonders fest und kernig sein, bei Rotbuchen ausschließlich weißkernig (rotkernig ist ausgeschlossen); es ist im Winter zu schlagen, und zwar bei der Kiefer und Eiche nicht eher als 18, bei der Rotbuche nicht früher als 9 Monate vor der Anlieferung. Die Schwellen dürfen keine irgend erheblichen Risse zeigen und müssen den verlangten Abmessungen entsprechen, auch im allgemeinen gerade sein; höchstens dürfen 10 v. H. in der Wagerechten eine Krümmung zeigen. Die Lagerfläche ist vollkantig zu bearbeiten, während oben eine Waldkante zulässig ist, deren Größe dadurch bestimmt wird, daß an der Auflagerungsstelle der Schiene eine zum mindesten 16 cm breite Auflagerfläche vorhanden sein muß.

Über das Tränken der Schwellen vergl. den nächsten §.

b) Brückenbohlen. In Frage kommen hier vorwiegend Eichen, Buchen, seltener Kieferbohlen. Ihre Kosten betragen in der obigen Reihenfolge für je 1 qm bei einer Stärke von 10, 8,6 und 5 cm und besten Eigenschaften:

---

[1]) Wie bedeutend diese Sonderanwendung ist, mag daraus ersehen werden, daß in Deutschland allein jährlich 5 000 000 Stück hölzerne Eisenbahnschwellen angefordert werden.

[2]) Das Holz der Zerreiche (Quercus cerris) ist i. d. R. von der Lieferung ausgeschlossen.

[3]) In der Regel sind von den einzelnen Bahn-Verwaltungen gegenüber den geforderten Normalabmessungen für einen Teil der Schwellen Abweichungen, wenn auch in geringem Grade zugelassen, so bestimmen z. B. die Bedingungen für Schwellen-Lieferung der Preußischen Staatsbahnen, daß bei den Schwellen I. Klasse (2,7 . 0,26 . 0,16) es gestattet sein darf, ein Fünftel der Lieferung in den folgenden Abweichungen zu liefern:

$b \geqq 25$ cm; $h \geqq 16{,}5$ cm; oder
$b \geqq 27$ cm; $h \geqq 15{,}5$ cm.

16,0, 11,0, 7,5 Mk.;
12,0, 8,0, 6,00 „
10,0, 6,5, 5,0 „

Daneben kommen auch weniger gute Bohlen (II. und III. Klasse) mit einer Preisverringerung von rd. 20 bzw. 40% in den Handel. Im allgemeinen empfehlen sich eichene Bohlen nur dort, wo infolge geringer Abnutzung, also nicht allzustarken Verkehrs, wirklich ihre Lebensdauer ausgenutzt werden kann, während bei starkem und schnellem Verkehre die zwar weniger beständigen, aber auch billigeren Rotbuchen (bzw. Kiefer)-bohlen deshalb am Platze sind, weil hier der Zustand starker Abnutzung in der Regel dem Eintritte des Verfaulens vorangeht oder mit ihm zusammenfällt.

c) Holzpflaster. Dasselbe ist auf ein- und derselben Straßenstrecke nur in ganz gleichartiger Güte und Art zu verwenden, da sonst eine verschieden starke Abnutzung, verbunden mit dem Unebenwerden der Straße eintritt. Als Holzarten finden Verwendung: Fichte, Lärche, Kiefer, Pitch-Pine, Yellow-Pine, Buche, sowie die auf S. 368 genannten australischen Eukalyptus- und verwandte Holzarten. Zum Zwecke der Dichtung der Oberfläche werden die Holzklötze mit Teeröl getränkt, zur Konservierung zudem mit Zinkchlorid behandelt. Ihre Abmessungen betragen: $b = 7—10$ cm, $h = 12—18$ cm; $l = 18—30$ cm, schwanken also in ziemlich weiten Grenzen. Das Pflaster wird in heißem Teer oder Asphalt verlegt und zwar auf einer wasserdichten, sorgfältig abgeglichenen Unterbettung und mit Teer, Asphalt oder Zementmörtel 1:2 vergossen bei einer Fugenweite von 5 mm. Die Herstellungskosten einschließlich der Unterbettung betragen etwa 13—15 Mk. für 1 qm.

d) Leitungsstangen. Diese werden aus stärkeren Stämmen von 6—12 m Länge und einem Zopfdurchmesser von 11—18 cm gewonnen und zwar aus Stämmen, die kurz oberhalb ihrer Wurzel abgesägt sind; i. d. R. findet Fichten, bezw. Kiefernholz[1]), daneben die Tanne und zwar stets in getränktem Zustande Anwendung. Vielfach werden — namentlich für Telegraphenstangen 2 Klassen unterschieden und zwar nach der Zopfstärke einschließlich der Rinde: Klasse I 16—18 cm; Klasse II 13—15 cm. Übliche Längen sind: 7, 8,5, 10 und 12,0 m.

Die Telegraphenstangen sind möglichst bald nach dem Fällen zu imprägnieren; ihr Preis beträgt je nach der Klasse 0,60—0,40 Mk. für 1 lfm.

e) Faschinenreisig. Hierzu eignet sich besonders gut Weidenholz von höchstens 5 cm Stärke, daneben, wenn sie dauernd unter Wasser sich befinden, auch Nadelholz- (und Pappel)-Äste. Der Preis für 1 cbm Material beträgt je nach der Holzart auf der Baustelle etwa 1,70—2,50 Mk.

Bei den **Ausschreibungsbedingungen** zur Lieferung von Bauhölzern ist auf das Folgende zu achten[2]):

Das Holz muß von gesunden, nicht zur Saftzeit gefällten Bäumen stammen, muß frisch, trocken, kernig, gerade und fehlerfrei sein. Eichenholz soll keinen Splint zeigen, auch keinerlei Verfärbung aufweisen, Buchenholz ist im Gegensatze zu den anderen Hölzern stets ganz frisch — um ein Reißen und Werfen zu verhindern, anzuliefern und gegebenen Falles erst auf der Baustelle zu beschneiden.

Rundhölzer und Rundpfähle sollen sich gleichmäßig, aber nur wenig ($\leqq 1^1/_2$%) verjüngen; sie sollen keinen starken Splint besitzen und weder gekrümmt sein noch einen gedrehten Wuchs aufweisen; höchstens können einseitig gebogene Hölzer mit einem Stichverhältnisse von $^1/_{100}$

---

[1]) Die deutsche Reichspost verwendet vorwiegend kieferne Telegraphenstangen, andere nur auf Grund besonderer Vereinbarungen und in bestimmtem Prozentsatze.

[2]) Vergl. Allgemeine und technische Bedingungen für Ingenieurbauten von L. Oppermann, II. Aufl. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1896, S. 26 u. flg.

noch abgenommen werden. Als geforderter Durchmesser ist der in Mitte des Pfahles — ohne Rinde — anzusehen; eine größere Stärke als die im Vertrage verlangte, ist im allgemeinen kein Hinderungsgrund zur Abnahme.

Beschlagenes Holz ist nach der Schnur genau zu bearbeiten; eine Verwendung zu Tragbalken kann stattfinden, wenn die Sehne der Rundung der Kanten, senkrecht zur Diagonale des Querschnittes gelegt, nicht mehr als 5 cm beträgt und in $^1/_3$ Balken-Länge vom Zopfende entfernt im Kern noch die erforderliche Querschnittshöhe und Breite vorhanden ist. Für wahnkantig geschnittene Hölzer genügt eine vollkantige Form bis auf $^2/_3$ der Länge, vorausgesetzt überall die notwendigen Querschnittsmaße; auch empfiehlt es sich, die Breite der Wahnkanten, parallel zu den Diagonalen mit 4 cm zu begrenzen.

Kantige Hölzer sollen möglichst der Faserrichtung entsprechend geschnitten sein und scharfe rechtwinkelige Kanten aufweisen; höchstens kann an einer der Kanten eine schmale Wahnkante (bis 3 cm Breite) zugelassen werden. Bohlen und Bretter sind genau in den verlangten Abmessungen — auch Längen — und möglichst astfrei und vollkantig anzuliefern; sie sollen alle von gleicher Breite, jedoch nicht breiter als 30 cm sein. Bei Fußbodendielen empfiehlt sich noch die besondere Bestimmung, daß auf 0,20 qm Fläche nicht mehr als 1 Ast, überhaupt keiner mit größerem Durchmesser als 3 cm auftreten soll; sie sollen ferner Nut und Feder und eine vollkommen glatte Oberfläche besitzen, daneben auch zur Erzielung einer gleichmäßigen Dielung, genau gleiche Stärke haben. Für Schalbretter ist es zweckmäßig, die Breite zwischen 17,5 und 11,5 cm zu bestimmen, und ihre Stärke auf 2,5 cm festzulegen, desgleichen für Stakhölzer, aus splintfreiem Eichenholz gespalten, 6—7 cm bw. 3 cm. Dachlatten — am besten aus Kiefernholz — sind 6.4 cm im Querschnitt anzufordern und ohne Wahnkanten und Aststellen anzuliefern.

Bei Rammarbeiten sind die Pfähle auf eine Länge von dem einfachen bis $1^1/_2$fachen Durchmesser anzuspitzen, und zwar soll die Spitze genau in der Pfahlachse liegen und durch eine Fläche von 16—25 qcm abgestumpft sein. Der rechtwinkelig zur Pfahlachse geschnittene Pfahlkopf ist in Form einer sanft verlaufenden, mindestens sechseckigen flachen Pyramide zu bearbeiten. Um ein unerlaubtes Abschneiden der Pfähle zu verhindern, sind etwa 0,50 m unter dem Kopfe derselben Brand-Marken anzubringen.

Spundbohlen sind in den vorgeschriebenen Dicken und Längen, aber nicht unter 28 cm Breite anzuliefern und durch quadratische oder dreieckige Nuten und Federn zu verbinden, welche $^1/_3$ der Höhe der Bohlen zur Breite und Dicke erhalten; nur Bohlen von geringerer Stärke als 6 cm können einfach neben einander geschlagen werden. Über das Anschneiden der Schneide (meist einseitig und nur z. T. geschärft) sind besondere Bestimmungen zu erlassen.

Baumpfähle sind aus Kiefernholz von 3,5 m Länge und 15—20 cm kleinstem Durchmesser, frei von Rinde und gut zugespitzt anzufordern; für Riegelpfähle ist je nach Vorschrift Kiefern- oder Eichenholz zu verwenden; ihre Länge soll 2,50 m — davon 1,75 m gerade — sein, ihr Umfang 45—60 cm betragen.

Packwerkspfähle sind aus geraden, astfreien Stämmen zu spalten oder aus einstämmigem Nadel- oder Weidenholz zu sägen, oben am Kopfe gerade zu schneiden und am Zopfende zuzuspitzen. Das Holz soll nicht früher als in dem der Verwendung vorangegangenen Winter geschlagen sein.

Spreutlagenpfähle sollen 1 m lang sein und 30 cm unter dem Kopfe etwa 15—18 cm Umfang haben, desgleichen Stakpfähle 1,25 m Länge und 18—21 cm Umfang, Zaunpfähle 1,5 m Länge und 21—27 cm Umfang; für Pflasterpfähle endlich sind die Maße 1,60 m und 30—40 cm als maßgebend anzusehen; als Material für letztere ist Tannenholz zu empfehlen.

Auf Verlangen der Bauverwaltung soll der Unternehmer für Pfähle usw. Proben von etwa 30 cm Länge, für Bauholz Würfel von etwa 20—25 cm Seite einreichen. Bei letzteren soll die Hälfte der Flächen gehobelt, die Hälfte gesägt sein.

Für eine Durchtränkung der Hölzer sind genaue Vorschriften zu geben; für Wasser- und Seebau ist Kreosot zu empfehlen und zwar zur Sicherung gegen den Bohrwurm 300 l, sonst für Eichenholz 125 l, für Kiefern- und Fichtenholz 175 l auf 1 cbm des zur Durchtränkung gebrauchten Wassers.

Kapitel XXII.

Die Fehler und Gefährdungen des Holzes, ihre Erkennung, Verhütung und Beseitigung, die bautechnische Prüfung des Holzes.

§ 67. Die Gefährdung des Holzes durch Faulen, Hausschwamm, Feuer und Wurmfraſs.

a) Das **Faulen** des Holzes beruht in einer chemischen Veränderung der Säfte des Holzes, namentlich in der Zerstörung von dessen Eiweißbestandteilen; es findet statt unter dem Einflusse von atmosphärischer Luft, Wasser sowie durch Ansiedelung von Pilzkeimen und hat eine vollkommene Zerstörung der Holzfaser zum Endergebnis. Je nach der Stelle, an der der Faulprozeß beginnt, spricht man von einer Wurzel-, Stamm-, Splint-, Kern-, Astfäule.

Als erste Spuren einer beginnenden Fäulniszerstörung treten meist nach dem Kern an Stärke zunehmende Verfärbungen auf der Holzoberfläche auf, vorwiegend in Form von dunklen, braunen, blauen, schwarzen, grünen Streifen und zwar namentlich am gefällten, zu lange feucht liegenden Holze; hier kommt in Frage ein (meist in den Monaten Juni-Oktober eintretendes) Blauwerden der Kiefer, namentlich blaue Streifen im Splintholz, Schwarzfärbungen bei Tannen und Fichten, die längere Zeit in der Rinde feucht gelegen, Braunstreifigkeit des Buchenholzes usw. — Erscheinungen, die — soll das Holz noch zur Verwendung sich eignen — ein schleuniges Auslaugen oder Zerteilen und Trocknen der einzelnen Teile verlangen; im Freien ist derartig angegriffenes Holz i. d. R. nicht mehr zu verwenden, weil hier die Befürchtung besteht, daß die Zersetzung durch weiteres Eindringen von Pilzsporen allmählich ins Innere des Holzes vordringt.

Nicht mehr verwendbar zu baulichen Arbeiten ist ein von der „Ringfäule“ angegriffenes Holz; hier bildet sich — namentlich bei der Eiche — wiederum durch Pilze bedingt, eine zur Stammachse ringförmig verlaufende Holzvermoderung, die zunächst an einer hellbraunen Verfärbung mit einzelnen schneeweißen Flecken erkennbar ist.

Je nach der Farbe, die beim Faulprozesse des Holzes auftritt und der größeren oder geringeren Anwesenheit von Wasser hierbei, unterscheidet man:

Die eigentliche „nasse“ Fäule, auch Rotfäule oder Vermoderung genannt und die trockene oder Weißfäule; bei der ersteren, durch die Einwirkung von Wasser bei der Zerstörungsarbeit bezeichneten Art, nimmt das Holz eine rötliche bis schwarzbraune Farbe an, es verliert sehr an Gewicht, an Härte, vollkommen an Festigkeit und verwandelt sich durch Zerspringen in lauter einzelne, kleine, würfelförmige Körper, schließlich in eine pulverförmige Masse. Meist geht hierbei der Faulprozeß — als Kernfäule — vom Innern des Holzes nach außen.

Ähnlich, namentlich im Hinblicke auf ihre Endwirkungen, verläuft die vorwiegend auf dem Stamme auftretende Weißfäule, bezeichnet durch eine Umwandlung des Holzes in eine matte, weißlich-gelbliche, trockene, durch starken Pilzgeruch ausgezeichnete, leicht zerreibliche Masse, die infolge des Auftretens besonderer Bakterien im Dunkeln phosphoresziert.

Die Trockenfäule tritt auch beim verbauten Holze — und namentlich jüngerem Laubholze — ein, und zwar in dumpfen, dem Lichte nicht zugänglichen, aber trockenen Räumen.

In gewissem Sinne gehört hierher auch die Humifizierung des Holzes, eine langsame, trockene Zersetzung desselben, ähnlich der Torfbildung, darstellend und in hohem Grade befördert durch Berührung des Holzes mit Basen — also u. a. mit Kalk- und Zementmörtel.

Als Mittel zur Vermeidung des Faulens des Holzes sind anzusprechen: Die Auslaugung und Dämpfung des Holzes (vgl. S. 372) zum Zwecke der Entfernung des Saftes und seiner schädlichen, die Holzzersetzung beschleunigenden Beimengungen, ferner Anstriche und Imprägnierungen des Holzes. Während die ersteren — bis auf wenige Mittel — nur einen oberflächlichen Schutz gewähren, dringen die letzteren, namentlich wenn ihnen, wie dies die Regel bildet, eine Auslaugung und Dämpfung vorangeht und wenn sie unter Druck eingepreßt werden, erheblich tiefer in das Innere des Holzes ein; die Wirkung beider beruht einerseits darin, das Eiweiß im Holze in unlösliche, beständige Verbindungen überzuführen und andererseits eine antiseptische, desinfizierende Wirkung auf das Holz auszuüben; letztere wird um so dauernder sein, je weniger die Sicherungsflüssigkeit im Wasser löslich ist, je geringer demgemäß die Gefahr ist, daß sie später durch Einwirkung der Atmosphärilien wieder aus dem Holze ausgelaugt werden kann.

Als bekanntere und allgemeiner verwendete **Anstriche** bzw. **Imprägnierungsmittel** kommen in Frage:

1. Quecksilberchlorid (Kyanisieren, nach dem Engländer Kyan benannt, der dies Verfahren zuerst ausgeführt). Hierbei wird das Holz in eine Lösung von 1:250 gelegt, in der es mehrere Tage verbleibt. Das verhältnismäßig teure Verfahren kann, wegen der Giftigkeit des Quecksilbersalzes, eine nur beschränkte Anwendung finden, und erstreckt sich vorwiegend auf die Erhaltung von Eisenbahnschwellen. 1 cbm Holz mit Quecksilberchlorid zu imprägnieren erfordert etwa 0,75—1,00 Mk. Kosten.

2. Kupfervitriol (oder Kupferchlorid). (Boucherisieren, nach dem Erfinder, den Franzosen Bouchérie genannt). Das Verfahren findet Anwendung an frisch gefällten, nicht entrindeten jungen Stämmen oder Teilen von diesen, durch die eine 1%ige Kupfervitriollösung — und zwar vom Wurzelende her in Richtung der Achse — unter einem mittelmäßigen Drucke so lange hindurchgedrückt wird, bis die aus dem oberen Stammende hierauslaufende Flüssigkeit dieselbe Stärke zeigt, wie die am Wurzelende eingepreßte. Wie die Erfahrung der Praxis gezeigt hat, ist die Gleichmäßigkeit der Durchdringung des ganzen Stammes, d. h. aller einzelnen Querschnittsteile in nicht unerheblichem Maße abhängig vom Wachstum des Baumes und der Art des Holzes; bei manchem — z. B. der Eiche — wird hierbei fast nur der Splint imprägniert.

Das Verfahren findet — wie bereits auf S. 383 hervorgehoben — vorwiegend zum Schutze fichtener Telegraphenstangen Anwendung. Die Kosten der Imprägnierung betragen rd. 0,55 Mark für 1 cbm Holz.

Ein ähnliches Verfahren ist die Durchtränkungssart „Lebioda".

3. Zinkchlorid. Die namentlich durch die Billigkeit (0,40 Mark für 1 cbm) ausgezeichnete, in einer Lösung von 1:60 verwendete Imprägnierungsflüssigkeit wird dem Holze erst nach seiner Auslaugung und Dämpfung, und zwar unter Druck zugeführt. Das namentlich zum Schutze von Eisenbahnschwellen im großen durchgebildete Verfahren braucht zur Vorbereitung und Ausführung große zylindrische Kessel, in die hinein vermittelst von auf Schienen laufenden Wagen, die aufgestapelten Schwellen geschoben werden;

die Kessel sind mit Dampf- und Imprägnierungszuleitungen, ferner mit Luft- und Druckpumpen versehen. Nachdem die Schwellen unter einem Dampfdrucke von 3—4 Atmosphären ausreichend gedämpft sind und das entstandene Wasser nach Lösung des Saftes abgelassen ist, werden die Holzporen mit Hilfe der Luftpumpe vollkommen entleert und nunmehr die Imprägnierungsflüssigkeit unter einem Drucke von rd. 7—8 Atmosphären eingepreßt; schließlich lagern die Schwellen bis zur vollkommenen Trocknung noch 6—12 Wochen.

Durch dies Verfahren ist es möglich, die Dauer der Holzschwellen um etwa 100% gegenüber ungeschütztem Material zu verlängern; man kann damit rechnen, daß gut mit Zinkchlorid imprägnierte Schwellen aus Eichenholz etwa 20, aus Kiefer rund 15 und aus Buche 17—18 Jahre im Betriebe verwendet werden können.

Ein Nachteil des Verfahrens ist die Löslichkeit des Zinkchlorids durch die Atmosphärilien, namentlich Regen und aufsteigende Grundfeuchtigkeit, wodurch im Laufe der Zeit der Gehalt an Imprägnierungsflüssigkeit sehr erheblich abnimmt. Diesen Nachteil vermeidet C. B. Wiese in Hamburg in erfolgreicher Weise dadurch, daß er an Stelle von Zinkchlorid β-naphthalinsaures Zink in heißer Lösung zur Imprägnierung verwendet, ein Salz, das sich bei Erkalten in kristallinischer Form in den Poren des Holzes niederschlägt und bei gewöhnlicher Temperatur in nur sehr geringem Maße löslich ist.

Dem gleichen Zwecke dient auch ein nachträgliches Behandeln der durch Zinkchlorid geschützten Schwellen vermittelst Teeröl und ähnlicher Stoffe.

Erwähnenswert erscheint auch, daß mit Zinkchlorid geschütztes Holzwerk später sehr gut Anstriche — namentlich Ölanstriche — annimmt und somit sich die vorgenannte Imprägnierungsart auch für besonders gefährdete Holzteile des inneren Ausbaus, wie Fensterkreuze, Türen usw. wie auch Balkenvorköpfe, Verkleidungen und dergl. eignet.

4. Kreosotöl[1]) Holzteer, Karbolsäure, schwere Teeröle. Durch alle diese der Holz- bzw. Steinkohlen-Destillation entstammenden, antiseptischen Verbindungen werden die Eiweißbestandteile des Holzes in unlösliche Verbindungen übergeführt und zudem die Oberfläche des Holzes wasserabweisend gemacht. Als Vorbereitung wird hier das Holz künstlich getrocknet, oft auch entlüftet, da sich die Teerprodukte nicht mit dem nassen Holze vereinigen; auch werden letztere zweckmäßig vermittelst Druckpumpen eingepreßt.

Besonders günstig wirkt die Kreosotierung von Hölzern, die im Seebau Verwendung finden, da Kreosot neben der Erhaltung des Holzes zugleich einen bewährten Schutz gegen den Angriff von Seetieren (Bohrwürmern) bildet.

Hierher gehört auch das neuere Schutzmittel: Kreolin-Pearson, — das vollkommen giftfrei — in sehr hohem Grade als Schutzanstrich desinfizierend wirkt und sich sogar bei bereits stark angegriffenem Holze bestens bewährt hat; gleich wertvoll ist Naphtha Phenoleum, ein keimabtötendes und keimabschließendes, also zur Konservierung bestens geeignetes Mittel.

5. Eine Imprägnierung mit Eisenvitriol und schwefelsaurer Tonerde, darauf mit Chlorkalzium und Kalkmilch liegt dem Verfahren von Hasselmann zugrunde; diese namentlich für Schwellen angewandte, gut bewährte Schutzart bewirkt zugleich mit der tiefgehenden chemischen Veränderung des Saftes eine größere Härte des Holzes und eine schwere Entflammbarkeit dieses. Die Kosten stellen sich auf rd. 0,60 Mk. für 1 cbm Holz.

[1]) Kreosotöl ist ein Karbolsäure enthaltendes Teeröl mit 6—10% Säure; für 1 cbm Kiefernholz werden 140—200 kg, für 1 cbm Eiche 80 kg, für 1 cbm Buche 300 kg gebraucht. Die Kosten betragen etwa 1—2 Mark für 1 cbm Holz.

6. Karbolineum Avenarius[1]), eine den unter 4. genannten Erzeugnissen verwandte, aus Steinkohlenteer gewonnene, braune, leicht flüssige, nicht giftige[2]), nicht entflammbare ölige Flüssigkeit von teerähnlichem Aussehen und Geruch; 1 kg genügt zum Anstriche von 4—6 qm. Ein doppelter, noch besser ein dreifacher Anstrich ist zweckmäßig, und zwar unter Erwärmung des Karbolineums, da seine Streichbarkeit hierbei zunimmt. Der Preis beträgt etwa 35—40 Pfg. für 1 kg.

7. Barol, ein gekupfertes Patent-Karbolineum der chem. Fabrik Nördlinger, Flörsheim a. M., aus den besten Rohstoffen hergestellt, besitzt geringen, milden Geruch, große Viskosität und ein hohes spezifisches Gewicht (1,14); es verleiht dem Holze eine schöne braune Farbe und zeichnet sich durch seinen Gehalt an Kupferverbindungen aus, welche die schädlichen Einwirkungen und Zersetzungen der Eiweiß- und Extraktstoffe des Holzes verhindern und zudem eine insekten- und schwammtötende, antiseptische, konservierende Wirkung besitzen. Der Preis ist nur etwa $^2/_3$ des unter 6. genannten Avenarius-Karbolineums.

8. Antinonnin, chemisch das Kaliumsalz des Dinitro-Orthokreosol und ebenfalls ein Produkt des Steinkohlenteers, stellt eine von den chem. Fabriken Bayer & Co. zu Elberfeld gelieferte, orangegelbe sehr wirkungsvolle Paste dar, welche sich leicht in Wasser löst und zu dem, i. d. R. mehrfach auszuführenden, Anstriche in meist 2%iger, aber auch 1—5%iger Lösung verwendet wird. Hierbei erhält das gestrichene Holz eine intensiv gelbe Farbe. Der Preis von 1 kg Paste beträgt etwa 5 Mk.

Einen guten Oberflächenschutz erhält das Holz durch einen nachträglichen Anstrich mit Weißkalk, der in einer Antinonninlösung angerührt wurde.

9. Eine besondere, namentlich bei in die Erde eingegrabenen Pfählen übliche Sicherungsart gegen das Verfaulen bildet ein Ankohlen des Holzes; obwohl hierdurch sich desinfizierende Dämpfe entwickeln und die Hitze des Feuers Lebewesen abtötet, so ist dieser Schutz doch in seiner Wirkung sehr fraglich, da Holzkohle hygroskopisch ist und somit gerade wieder Feuchtigkeit anzieht. Hiergegen sucht man sich dann wieder durch Aufbringung eines Teeranstriches, durch Beschlagen des angekohlten Pfahlendes mit Eisenblech oder durch Umdämmung des Pfahles im Erdreich mit Ton zu sichern.

b) **Der Hausschwamm und andere holzzerstörende Pilze.** Der gefährlichste Feind des Holzes ist der echte Hausschwamm, auch Holzaderschwamm, Tränenschwamm genannt (Merulius lacrimans), weil er eine vollkommene Zerstörung des Holzes bewirkt und sich mit großer Intensität und Schnelligkeit im Bauwerk weiter verbreitet. Ihm nahestehend, namentlich im Hinblicke auf den Grad der Holzzerstörung, ist der allerdings seltenere Porenschwamm Polyporus vaporarius, auch unechter Holzschwamm genannt. — Vergl. die Abb. 257—260, welche einige bezeichnende Formen beider Pilzarten zur Darstellung bringen. —

Zu den Lebenselementen beider gehört mittlere Wärme, Feuchtigkeit, abgeschlossene Luft, Mangel an Licht; ihre Entwickelung wird erheblich befördert durch Ammoniaksalze, kohlensaures Kali, weshalb allerlei Verunreinigungen vom Holze im Bau peinlich fern zu halten sind. Stellen, an denen eine besonders große Gefahr für die

[1]) Das Patent zur Herstellung von Karbolineum Avenarius (DRP. 46021, Behandlung mittelst Chlorgas) ist im April 1904 erloschen. Schon früher stellte eine große Anzahl von Fabriken auf einem anderen Wege (i. d. R. Chlorzink-Verfahren) Karbolineum dar, das aber sehr oft nicht so wirksam und dauerhaft war, wie das anfängliche Präparat; ein neues Karbolineum, das sich bestens bewährt hat, ist nachstehend unter 7. erwähnt. — Ein in verschiedensten Farbtönen geliefertes Karbolineum ist das der Firma Theodor Pée, Stettin.

[2]) Vorsicht ist allerdings dadurch geboten, daß es stark ätzend auf die Schleimhäute wirkt; es ist deshalb für die Augen gefährlich.

Ausbildung des Holzschwammes auftritt, sind: Die Balken, nahe der Mauer liegend, Balkenköpfe, Kellerbalken bzw. Decken über Waschküchen, Holzteile in der Nähe der Öfen und unter Ausgüssen, ferner allgemein Fußböden oder Balken bei allzu früher Abdeckung durch luftundurchlässige Beläge wie Gipsestrich, Fliesen auf dichtem Mörtel, Steinholz und dergl., Linoleum usw., endlich der gesamte Bau bei nicht genügender Austrocknung und starkem Heizen der Räume. Auch ist darauf zu achten, daß der Schwamm nicht in den Bau eingeschleppt wird, sei es durch unmittelbare Übertragung oder durch mit dem Holz in Berührung kommende Stoffe, namentlich Füllstoffe der Decken und dergl.

Hieraus folgen zugleich die Grundsätze, welche zur Verhütung einer Schwammbildung führen: Vermeidung dunkler, feuchter, dem Luftzuge nicht zugänglicher Stellen, bzw. Ersetzung des Holzes hier durch geeignetere Materialien, Fernhaltung der Feuchtigkeit durch gute Isolation der Mauern von unten und den Seiten her, Verwendung nur trockenen Holzes, Ausschluß von Asche, länger liegenden Steinkohlenschlacken, Humuserde, Sägespänen und dergl. zur Deckenfüllung, Vermeidung von Verunreinigungen beim Neubau, Abdeckung oder Anstriche der Holzteile erst nach ausreichender Austrocknung, gute Ventilation des gesamten Baues, ausreichende Trockenheit dieses vor dem Beziehen, endlich Sicherung des Holzes durch Schutzanstriche. Hierbei kommen die vorstehend genannten Schutzmittel gegen Fäule fast alle in Frage, namentlich haben sich gut bewährt Karbolineum und Antinonnin; daneben Kupfervitriol[1]), Karbolsäure, sowie als Sondermittel: Salizylsäure in Alkohol gelöst, Kochsalz und Borsäure (950 g : 90 g in 3 l kochendem Wasser aufgelöst), Quecksilberchlorid, naturgemäß nicht in bewohnten Räumen, sowie Pinol (DRP. 86 252), hergestellt aus dem stark desinfizierenden Harze der Schwarzkiefer (Pinus austriaca), ein völlig giftfreies, nicht ätzendes Mittel, endlich Mikrosol. Letzteres, ein von den Farbwerken Rosenzweig & Baumann in Cassel hergestellter Stoff, stellt eine grünliche, an feuchten Ton erinnernde, sauer reagierende Masse dar, welche sich leicht und ohne Rückstand löst und nur unbedeutenden, wenig auffallenden Geruch besitzt. In der vorgeschriebenen zweiprozentigen Lösung auf Holz aufgetragen, findet eine merkliche Färbung nicht statt, ebenso läßt sich nur ganz schwacher Geruch wahrnehmen. Gerade durch diese Eigenschaften hebt sich das Mikrosol vorteilhaft vor den meisten anderen wirksamen Hausschwammitteln heraus.

Über seine Prüfung, bewirkt von Prof. Dr. Migula früher in Karlsruhe, jetzt Eisenach, gibt die nachfolgend wiedergegebene Mitteilung aus dem Zentralblatte der Bauverwaltung vom 27. VII, 1901 (Nr. 59) Auskunft. Diese Prüfung möge zugleich allgemein die Art und Weise veranschaulichen, in der Mittel gegen Hausschwamm geprobt werden können.

Eine 10 Minuten lange Einwirkung der 2%igen Lösung auf üppig wuchernden Hausschwamm brachte diesen sicher zum Absterben. Werden die Pilzrasen vollständig von der Mikrosollösung (2 v. H.) durchdrungen, so genügt selbst ein 10 Sekunden langes Verweilen in der Lösung zur Vernichtung des Pilzes. Nur wenn man den Pilzrasen gleich nach dem Herausnehmen aus der Lösung gründlich mit Wasser auswäscht, bleiben zuweilen einzelne Stellen bei 10 Sekunden langer Einwirkung des Mikrosols am Leben. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden im Handel befindlichen Sorten Mikrosol 60 und Mikrosol 80 konnte nicht beobachtet werden. Auch wesentlich schwächere Lösungen, bis zu 1/3 v. H. herab, wirkten, wenn die Flüssigkeit nicht sofort nach dem Herausnehmen aus den Hausschwammrasen ausgewaschen wurde, in fast gleicher Zeit vernichtend auf den Hausschwamm ein. Wurde dagegen die Mikrosollösung aus den Hausschwammrasen sofort nach dem Herausnehmen gründlich ausgewaschen — ein Fall, der ja praktisch nicht vorkommen dürfte und nur für die Beurteilung der Wirkung des Mittels Bedeutung hat —, so mußte die Mikrosollösung wesentlich länger einwirken,

[1]) Auch in Verbindung mit Schwefel- und Salzsäure benutzt.

um Vernichtung des Hausschwammes herbeizuführen, 2 Stunden bei 2 v. H., 12 Stunden bei 1 v. H., 36 Stunden bei 1/3 v. H. Mikrosol. Hier zeigte sich auch eine etwas stärkere Wirkung von „Mikrosol 80" gegenüber „Mikrosol 60". Noch schwächere Lösungen, 1/5 bis 1/10 v. H., riefen, wenn sie nach dem Herausnehmen des Hausschwammrasens ausgewaschen wurden, nur noch eine Verzögerung im Wachstum des letzteren hervor. Auch mit diesen Lösungen benetzte und wieder ausgewaschene Holzstücke wurden vom Hausschwamm ergriffen.

Eine andere Reihe von Versuchen bezog sich auf die Ermittelung des Eindringens von Mikrosol in Holz. Dünnere Holzstücke, mit Mikrosollösung (2 v. H.) angepinselt, wurden davon durchtränkt und der Hausschwamm vernichtet, dickere dagegen nicht, und es traten öfters an den Seiten oder auf der Rückseite neue Wucherungen auf, wenn die Holzstücke schon von den Hyphen des Pilzes vollständig durchsetzt waren. Auch stärkere Lösungen halfen dabei nichts, wohl aber ein wiederholter Anstrich, namentlich, wenn unmittelbar vor dem Gebrauch der Lösung 5 v. H. Glyzerin zugesetzt wurde. Es beruht dies wahrscheinlich darauf, daß die Mikrosollösung infolge der wasseranziehenden Eigenschaften des Glyzerins nicht so rasch eintrocknet und deshalb längere Zeit zum Eindringen behält. Ob sich der Glyzerinzusatz in der Praxis bewähren wird, muß dahingestellt bleiben, bisher stehen nur Laboratoriumsversuche zur Verfügung.

Wurden auf Holzstückchen mit üppig wuchernden Hausschwammrasen Pinselstriche 2 cm vom Rande des Rasens entfernt mit verschieden starken Mikrosollösungen gezogen, so zeigte sich folgendes: Bei 2 v. H.-Lösung wuchs der Rasen nach der Richtung des Striches hin überhaupt nicht mehr, bei 1 v. H. nur etwa 2 mm weiter, bei 1/10 v. H. bis an den Strich. Dieser setzte aber dem weiteren Vordringen des Pilzrasens eine dauernde Schranke. Auch noch schwächere Lösungen zeigten sich bei einer anderen Versuchsanordnung durchaus wirksam. Holz, während 24 Stunden in einer 1/50 v. H.-Lösung von „Mikrosol 60" getaucht und dann oberflächlich abgespült, zeigte sich bei Kulturversuchen nicht mehr für Hausschwamm empfänglich. Es scheint, als ob das Holz das Mikrosol aus der Lösung speichert.

Einige Versuche bezüglich der Wirkung des Mikrosols auf lebende Pflanzen ergaben folgendes: Ein Glaskasten mit noch nicht getrocknetem Mikrosolanstrich über junge Bohnen gedeckt, bewirkte nach einiger Zeit das Abwelken und Vertrocknen der jüngsten und zartesten Teile; später erholten sich jedoch die Pflanzen wieder vollständig. War der Anstrich aber bereits 24 Stunden getrocknet, so zeigten die Bohnen keinerlei Beschädigung und keinen Unterschied gegenüber Versuchen ohne Mikrosol, selbst nach 14tägiger Kultur. Es würde dies für Gärtnereien usw. ein besonderer Vorteil des Mikrosols gegenüber dem sonst so wirksamen, aber für Pflanzen auch noch nach Monaten schädlichen Karbolineum sein.

Nach diesen Ergebnissen erscheint das Mikrosol als ein hervorragendes Mittel zur Bekämpfung des Hausschwammes. Es ist daneben bei der starken Wirkung selbst sehr verdünnter Lösungen ganz vorzüglich geeignet, durch Imprägnierung usw. dem Auftreten des Hausschwammes vorzubeugen. Außerdem zeichnet es sich vor den meisten Mitteln vorteilhaft durch Geruchlosigkeit und Farblosigkeit des Anstriches, sowie dadurch aus, daß es für lebende Pflanzen ganz erheblich geringere Schädlichkeit besitzt und deshalb an Stellen verwandt werden kann, wo andere Mittel ausgeschlossen sind.

Der eigentliche Holzschwamm tritt an ungestrichenem Holze zunächst in Form feiner, grauweißer, mit einem Silberanfluge versehener, einzeln stehender kleiner Pilzflocken auf, von denen aus ein spinnengewebeförmiges, weißliches bis aschgraues, stark verästeltes Fasergeflecht ausgeht (Abb. 257 und 258), dessen feinste, mit bloßem Auge nicht mehr erkennbare Teile über das Mauerwerk hinweg von Holz zu Holz sich weiter verbreiten; später tritt, namentlich bei großer Feuchtigkeit, ein Zusammenschluß der Fäden und hierdurch eine Bildung von tellerförmigen, faltigen, braunen, mit lauter kleinen Wassertröpfchen bedeckten Fruchtkörpern mit gelbbraunen Fruchtträgern ein.

Ist das Holz mit Leimfarben gestrichen, so ist der Holzschwamm an aus ihm herausstehenden, meist gelbfarbigen, pinselartigen, pelzigen Farbteilchen zu erkennen, während bei Ölfarben-, Teer-, Firnis- und dergl. Anstrichen der Schwamm nur bei sehr weit vorgeschrittener Wucherung äußerlich hervortritt; aber auch hier ist er, wie allgemein, am dumpfen Klange des Holzes und dessen morscher Beschaffenheit erkennbar.

In ähnlicher Weise zeigt sich auch der Porenschwamm, der zudem weit häufiger auch bei lebendem Holze, namentlich Nadelholze [1]) als der dort sehr selten gefundene Aderschwamm vorkommt; Stämme, die mit dem Porenschwamm behaftet sind, können bei guter Austrocknung an Stellen im Bau verwendet werden, an denen das Holz bestens vor Feuchtigkeit geschützt ist; ist letzteres aber nicht der Fall und breitet sich der unechte Holzschwamm im Bau aus, so steht er in seinen verderbenbringenden Folgeerscheinungen dem Tränenschwamm in nichts nach. Von diesem unterscheidet er sich äußerlich durch seine stets weißbleibenden Verästelungen und Fruchtkörper, nebenbei — wenn auch weniger scharf — durch eine besonders dunkelbraune Farbe des zerstörten Holzes.

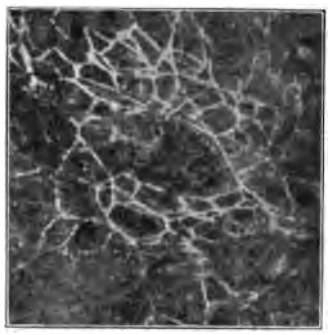


Abb. 257. Echter Holzschwamm (wenige Wochen alt).

Abb. 258. Hausschwamm (auf trockenem Holz gewachsen).

Auch sind die Myzelstränge dieses Pilzes anatomisch von denen des Merulius wesentlich verschieden; sie vermögen besonders nicht auf weitere Entfernung Feuchtigkeit heranzuziehen. Deshalb ist auch die Zerstörung meist örtlich beschränkt; jedoch kommt es auch, namentlich bei ausgedehnter Erkrankung des verwendeten Holzes vor, daß der Pilz in verschiedenen Geschossen Ausbreitung findet, da das strangförmige Mizel den Deckenfüllstoff zu überwuchern vermag. Diese Stränge sind stets weiß, filzig, biegsam, nie hart und brüchig, wie beim echten Holzschwamm. Auch bildet der eigentümlich säuerlich scharfe Geruch ein gutes Erkennungsmittel. Wenn das Balkenholz mit Myzel behaftet ist und, im Innern feucht, in den Bau gebracht wurde, sonst aber Füllstoff und Mauerwerk bestens trocken sind, so vermag das Myzel das Balkenholz wohl noch im Innern zu zerstören, sich aber, wegen mangelnder Feuchtigkeit, nicht weiter auszudehnen, ein Zustand, der vielfach als Trockenfäule bezeichnet wird.

Abb. 259. Polyporus (Trockenfäule-Pilz), unechter Hausschwamm.

Abb. 260. Porenschwamm, bei starker Feuchtigkeit des Holzes, unechter Hausschwamm.

Von seltenen, aber nicht minder gefährlichen holzzerstörenden Pilzen seien noch genannt:

a) Der Blätter-Hausschwamm (Leucites sepiaria). In der freien Natur tritt dieser Pilz häufig an Nadelholzstubben, weniger am lebenden Baume auf. In Gebäuden findet er sich meist unterhalb der Dielen als brauner, fleckig filziger Überzug, aus dem oft sehr eigenartig geformte, hutlose Fruchtkörper entstehen, verbunden mit starker Zerstörung des Holzwerkes und nicht selten auch einer Durchwucherung des Mauerwerkes.

[1]) Das Myzel wird meist mit dem Bauholze eingeschleppt und vermag sich unter den in Neubauten sehr oft vorhandenen günstigen Bedingungen sehr rasch auszubreiten und das Holz zu zerstören.

b) Der Eichenschwamm (Daedalea quercina); er findet sich oft in der Natur an Eichen, auch an Pfählen, Eisenbahnschwellen, seltener in Gebäuden. Die Zerstörung des Holzwerkes geht langsam vor sich, ein Überspringen auf benachbartes Holzwerk scheint nicht zu erfolgen.

c) Lentinus squamosus greift kiefernes Balkenholz an und entwickelt in geschlossenen, lichtlosen Räumen horn- oder geweihförmige, feste, meist hutlose Fruchtkörper.

d) Merulius pulverulentus, in der Wirkung dem echten Holzschwamm ähnlich, von ihm aber dadurch unterschieden, daß hier keine Falten und netzartigen Poren entstehen, sondern eine mehr krustenförmige Fläche sich bildet, gleichmäßig mit rostbraunem Sporenpulver bestäubt.

e) Coniophora cerebella, im Äußeren sehr ähnlich dem unter d) beschriebenen Pilze, desgl. dem echten Holzschwamm, findet sich vielfach im Winter in Kellern am Holzwerke usw., vermag aber nur in beschränktem Maße dem Holz schädlich zu werden und vertrocknet bei guter Lüftung und Austrocknung.

f) Der Hallimasch, auch unter dem Namen Rhizomorpha bekannt, tritt vorwiegend unter dem Dielenholze auf, wenn solches auf dem Humus unmittelbar liegt und bildet oft meterlange, weitverzweigte, wurzelartige, schwarze Stränge, deren Zweige in das Holz hineinwachsen und dieses zerstören. Da diese Pilze in der Natur sehr verbreitet sind, so sind bei ihrem Vorkommen die Dielenlager stets mit undurchdringlicher Schicht gegen den Erdboden abzuschließen[1]).

Neben den oben mitgeteilten Kennzeichen ist das Vorhandensein von Holzschwamm zu erkennen an dem ekelhaften Geruche, der ihn i. d. R. begleitet, an der starken Durchfeuchtung der Räume infolge der erheblichen Wasseranziehung, dem Einsinken und Morschwerden des Holzes, der Wölbung der Dielen, ihrer Vermorschung in der Richtung der Nagelreihen, an einem Erweitern und Klaffen der Fugen, an dem Heraustreten grauer Bohrspäne beim Anbohren des Holzes, schließlich an dem vollkommenen Brüchigwerden dieses und seinem Zerfall in kleinere, mehr oder weniger dunkelbraun gefärbte Würfel, die sich in Mehl zerreiben lassen.

Ist der Schwamm erst wenig im Bau verbreitet und nur an einigen gut zugänglichen Stellen aufgetreten, so kann man ihn noch mit heißer (100° C), trockener Luft zu vertilgen versuchen, die man nach den gefährdeten Stellen zur Abtötung der Pilze[2]) leitet; bei größerem Umsichgreifen ist jedoch eine Freilegung der angegriffenen Holzteile und Fortnahme dieser bis über 1 m in das noch vollkommen gute Holz hinein unbedingt notwendig; auch ist — neben der gänzlichen Beseitigung des Deckenfüllungsstoffes und dessen einwandfreiem Ersatze — der Mauerputz selbst in weiterer Umgebung der Schwammbildung fortzunehmen, ein Auskratzen der Fugen, ein Anstrich der freigelegten Mauerflächen mit Kreosotöl, verdünnter Salzsäure und dergl. auszuführen und endlich der Putz in Zementmörtel zu erneuern. Auch ist jegliches neue Holz bestens mit Karbolineum, Antinonnin, Mikrosol und dergl. zu streichen und ein gleicher Schutzanstrich auf alles in der Nähe befindliche Holz und Mauerwerk auszudehnen.

Das vom Schwamm angegriffene Holz ist baldigst zu verbrennen; auch sind die Werkzeuge, die zu seiner Beseitigung benutzt wurden, desgl. der zum Transport des kranken Holzes verwendete Wagen peinlichst zu reinigen und zu desinfizieren, weil sonst die Gefahr einer Verschleppung der Pilzkeime nahe liegt.

c) Die **leichte Entzündlichkeit** des Holzes hat zu vielfachen Versuchen geführt, seine Entflammung durch Anstriche, Imprägnierungen usw. zu verhindern; vollkommen ist dies bisher noch nicht gelungen; jedoch ist durch besondere Behandlung des Holzes wenigstens erreicht, daß es schwerer entflammbar gemacht wird. Dies läßt sich durch eine glatte Bearbeitung nicht nur der Flächen, sondern auch vor allem der Kanten und ein Rundarbeiten dieser erzielen. Wie Versuche und auch Erfahrungen

[1]) Über noch andere seltene, zerstörende Pilzarten in Häusern vergl. Z. d. B. 1903, S. 243, einen Aufsatz von P. Hennings, dem auch die voranstehenden Mitteilungen entnommen wurden.

[2]) Der Hausschwamm stirbt bei Temperaturen über + 50° C ab.

namentlich bei Speicherbränden gezeigt haben, brennt derart behandeltes Holz erst nach längerer Einwirkung des Feuers und verkohlt auch nur sehr langsam von außen nach innen zu, sodaß die Holztragwerke ihre Standsicherheit lange Zeit auch im Schadenfeuer bewahren. Von Verkleidungen können als wirksam bezeichnet werden 8 mm starke Asbestpappe oder ein Mörtelputz, während als Anstriche in Frage kommen: Wasserglas mit Kreide oder Ton vermengt, gebrannter Kalk mit Chlorkalziumlösung gelöscht, gesättigte Lösungen von schwefel- und phosphorsaurem Ammoniak, ein dreifacher Anstrich einer Alaun-Eisenvitriol-Lösung, zum Schlusse unter Beimengung fein verteilten Tones u. a. m. Auch kann gut getrocknetes Holz in Kessel, mit Kalkmilch gefüllt, gebracht und mit schwefliger Säure unter erheblichem Drucke durchtränkt werden (Moores Verfahren); endlich sind zu nennen: die Feuerschutzmasse von Hulsberg & Co., Charlottenburg, sowie das Verfahren der Gautschin-Gesellschaft dortselbst.

d) Die **Zerstörung des Holzes durch Insekten,** namentlich deren Larven.

Die Larven einer großen Anzahl von Insekten, einiger Lepidopteren [1]), als auch die einer größeren Anzahl von Coleopteren, (namentlich Bockkäfer [2]), Pochkäfer [3]), und Borkenkäfer) [4]), sowie von Holzwespen [5]) bohren in das frischgefällte, oder bereits verarbeitete Holz tiefe, in den verschiedensten Windungsformen verlaufende Gänge, um hier ihre Nahrung — vorwiegend das im Holz enthaltene Stärkemehl — zu finden. Dies ergibt sich aus dem Umstande, daß das den Gängen entnommene oder entfallende Bohrmehl keinerlei Stärke mehr aufweist. Es liegt auf der Hand, daß eine Entziehung von Stärkemehl aus dem Baume — wie es eine teilweise Entrindung des Stammes vor dem Fällen zur Folge hat (vergl. S. 371) — auch den Larven die Nahrung entziehen und damit das Holz weniger begehrenswert machen wird; dabei darf aber nicht übersehen werden, daß ein solcher Schälbetrieb für die Forst-Praxis schon allein wegen der Kosten kaum ausführbar ist und daher sich nur auf Einzel-Ausnahmefälle beschränken muß. Leichter und wirtschaftlicher ist es für das Schlagen der Bäume diejenigen Zeiten bei den verschiedenen Holzarten zu wählen, in denen der Baum den geringsten Gehalt an Stärkemehl besitzt, wie z. B. bei der Kiefer zum Frühjahrsbeginn, bei der Rotbuche im Anfange des Herbstes; aber auch hier ist zu berücksichtigen, daß noch eine ganze Anzahl anderer Momente ein wichtiges Wort zugunsten dieser oder jener Fällzeit mitsprechen — vergl. S. 370—371.

Wirksam zur Verhütung des Wurmfraßes sind die meisten der unter a) genannten, vor Fäulnis schützenden Mittel, namentlich die verschiedenen Arten der Imprägnierung des Holzes; neben ihnen sind zur Vertreibung der Schädlinge aus dem toten Holze als gut erprobt zu nennen: Petroleum, Essigessenz, Benzindämpfe (gefährlich wegen der Explosionsgefahr!), ein mehrmaliger Anstrich von Seifenlauge und Kochsalz, Eintropfen

[1]) Hier kommen vorwiegend in Frage die Raupen der Holzbohrer, sowie der Glasflügler (Sesien).

[2]) Zu nennen sind: der Eichenbock, der Fichten- und Pappelbock, deren Larven, Gänge bis zur Dicke eines Fingers in das Holz bohren und es somit für viele Verwendungsgebiete unbrauchbar machen.

[3]) Im toten Holz lebend und nach dem eigenartigen Klopfen in diesem benannt.

[4]) Die Borkenkäfer leben in stehenden, hauptsächlich aber in gefällten Bäumen und legen ihre Eier in feine Spalten. Von ihnen aus dringen die Larven in den Stamm ein, um ihn später als Käfer zu verlassen, hierbei einzelne runde Löcher bohrend, die das Holz oft stark entwerten.

[5]) Holzwespen legen ihre Eier in die Ritzen geschälter Fichten und Tannen oder Kiefern, von wo aus sich die Larven in stark geschlängelten Gängen tief ins Holz einbohren. Da ihre Entwickelung 2—3 Jahre dauert, so kann es vorkommen, daß ein Holz erst nach seiner Verarbeitung als Bauholz von den Larven angegriffen wird.

von Salzsäure, verdünnter Karbolsäure (1 : 20) oder Quecksilbersalzlösungen und dergl, in die Bohrkanäle.

Über den Schutz des Holzes gegenüber der zerstörenden Arbeit des Bohrwurmes, einer Muschelart (Teredo navalis), ist bereits auf S. 387 das Wichtigste hervorgehoben.

§ 68. Die bautechnische Prüfung des Holzes.

Die Prüfung des Holzes zerfällt im allgemeinen in eine forsttechnische und eine bautechnische, von der hier namentlich die Rede sein soll. Bei der forsttechnischen handelt es sich, wie kurz bemerkt sein möge, um die Festlegung des Ursprunges des Holzes, seines Standortes[1]), seines Wachstums, seines Alters, der Fällzeit, der geographischen und klimatischen Verhältnisse, unter denen der Baum gewachsen, der geologischen Beziehungen des Standorts und der durch sie bedingten Boden- und Wasserverhältnisse. Von Einzelfragen sind hier in Betracht zu ziehen und z. T. auch maßgebend für die technische Beurteilung des Holzes: Die Entstehung des Baumes (Saat, Pflanzung, Naturaussaat, Stockausschlag), seine Entwickelung und deren Beeinflussung durch forstwirtschaftliche Maßnahmen, die Eigenart des Standortes, im Freien, im durchlichteten oder geschlossenen Bestande, die Bestimmung eines mittleren, normal gewachsenen Qualitätsstammes, endlich das Wachstumsverhältnis; für letzteres ist bestimmend der Quotient, gebildet aus dem Stammdurchmesser in halber Höhe, geteilt durch den Durchmesser 1,3 m hoch über dem Erdboden, sowie das Verhältnis der gesamten Baumlänge zur Länge und dem Durchmesser seiner Krone.

Bei der bautechnischen Prüfung, deren Grundzüge durch Beschlüsse des Internationalen Verbandes für die Material-Prüfung der Technik im Jahre 1906 festgestellt worden sind, ist es von Bedeutung, die Lage der zu untersuchenden Proben im Stamme zu kennen, bzw. dieselben so auszuwählen, daß die Prüfung im ungefähren Einklange mit der späteren Beanspruchung des Holzes im Bau steht; deshalb ist es zweckmäßig für Biegeversuche die Probekörper zwischen 7 und 10 m Stammhöhe herauszuschneiden, da man alsdann damit rechnen kann, daß die herausgenommene Probe angenähert der Mitte der Gebrauchsstärken entspricht. Die für die anderen Festigkeitsuntersuchungen notwendigen Proben sind alsdann unmittelbar ober- und unterhalb der Biegestäbe dem Stammholze zu entnehmen.

Aus der äußerlichen Besichtigung des Holzes für die Proben kann man sich über das mehr oder weniger gerade und regelmäßige Wachstum des Baumes bereits ausreichend unterrichten; namentlich gibt die Betrachtung des Querschnittes in der in geringem oder hohem Maße veränderlichen Entfernung der Jahreringe, ihrem zentrischen oder unregelmäßigen Verlaufe einen Anhalt über das gleichmäßig schnelle oder langsame Wachstum des Baumes, während der Längs- und Sehnenschnitt durch die mehr oder weniger parallele Lage der Holzstränge die Geradheit des Wachstums des Holzes, daneben die Häufigkeit von Astdurchbrechungen usw. erkennen läßt. Auch bildet — vergl. S. 385 — die Farbe des Holzes ein wichtiges Beurteilungsmerkmal, desgleichen

[1]) Vergl. hierzu: Anleitung zur Standorts- und Bestandsbeschreibung beim forstlichen Versuchswesen. — Neudamm 1907. Verlag J. Neumann.

sein Geruch, der u. A. das Vorhandensein von Gerbsäure, einen hohen Harzgehalt usw. zu erkennen gibt.

Bei der eigentlichen baulichen Prüfung spielt naturgemäß die Ermittelung der Festigkeit des Holzes die weitaus größte Rolle; hier wird bestimmt: Die Druckfestigkeit, die Biegungs-, Schub- und Spaltfestigkeit.

Bei der Ermittelung der Druckfestigkeit kann der Druck senkrecht zur Faser und || zu dieser ausgeübt werden. Die erstere Art der Belastung bezweckt die Ermittelung des Widerstandes gegen örtliche Verdrückungen, wie sie z. B. bei Verwendung hölzerner Eisenbahnschwellen unter den Unterlagsplatten der Schienen auftreten, also die Bestimmung der Arbeitshärte. Dieser Beanspruchung entsprechend werden beim Versuche (Abb. 261) die Holzstücke durch Stempel mit ebener Endfläche belastet, deren Abmessung erheblich geringer als das Probestück ist; beobachtet wird die Zusammendrückung unter dem Stempel.

Der eigentliche Druckversuch in der Richtung der Fasern wird an Würfeln ausgeführt, die an ihren Druckflächen sauber zu hobeln sind und zweckmäßig so aus den Querschnitten — Abb. 262 a und b — herausgeschnitten werden, daß sowohl Kern- als auch Splintholz in den Probekörpern vorkommen. Zweckmäßig wäre es naturgemäß,

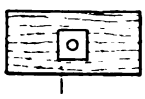


Abb. 261.

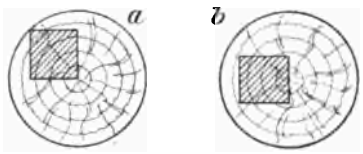


Abb. 262 a, b.

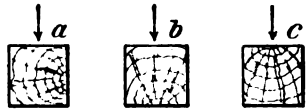


Abb. 263 a, b, c.

den Würfel womöglich aus dem ganzen Stammquerschnitt herauszuschneiden, da alsdann das Prüfungsergebnis am wenigsten von den verschiedenen Festigkeiten der Holzfasern im Querschnitte beeinflußt werden dürfte; leider reicht aber für derartige große Proben die Leistung der meisten Festigkeitsmaschinen nicht aus.

Von größerem Einflusse ist die Lage der Fasern zur Druckrichtung, da, falls beide unvollkommen zusammenfallen, die Bruchlast auch gering ausfällt, weil alsdann die Schubwirkung einen besonders großen Einfluß erhält.

Die gemeinsam mit der Druckfestigkeit zu bestimmenden Elastizitätszahlen des Holzes werden an Prismen quadratischen Querschnittes und einer Länge = der dreifachen Querschnittsbreite ausgeführt, und zwar deshalb, weil bei würfelförmigen Probekörpern die an den Druckflächen auftretenden Reibungen ein seitliches Ausweichen der hier liegenden Holzschichten nicht unerheblich verhindern; diese Einwirkung pflanzt sich von Querschnitt zu Querschnitt fort und hat zur Folge, daß auch die Zusammenpressung verhindert wird; deshalb sind längere Stäbe, die diesem Einflusse namentlich in ihrem mittleren Teile nicht mehr unterliegen, für die Bestimmung der Elastizitätszahl nicht zu umgehen. Dementsprechend ist die Meßlänge gleich einem mehrfachen der Länge der Querschnittsseite zu wählen. Naturgemäß sind auch hier die Druckflächen auf das sorgfältigste zu ebnen, damit jede ungleiche Lastverteilung vermieden wird.

Bei der Ermittelung der Biegefestigkeit werden prismatische, an den Enden frei gestützte Stäbe in der Mitte belastet; hierbei kann — vergl. Abb. 263 a, b, c — die Richtung der biegenden Kräfte zur Lage der Jahresringe eine sehr verschiedene sein. Die in a dargestellte Lage, Lastrichtung tangential zu den Jahresringen, ergibt die geringsten Durchbiegungen und größten Bruchlasten, während c immerhin noch höhere Bean-

spruchungen als b liefert. Bei der Lage b und c tritt der Übelstand auf, daß einige Jahresringe an der Zugseite, und zwar in erheblicherem Maße bei b „abspalten", da es nicht möglich ist, diese Proben so zu bearbeiten und dies auch nicht der Natur des Holzes entsprechen würde, daß die Unterseite der Probekörper parallel mit den Längsschnitten des Jahresringe verläuft; in gleichem Sinne tritt auch u. a. ein Zusammenschieben der Fasern auf der Druckseite ein.

Neben der Bruchlast ist auch der Verlauf der Durchbiegung zu bestimmen, um hieraus die Proportionalitätsgrenze zu finden, die allerdings meist nicht scharf ausgeprägt ist.

Die Zugfestigkeit wird fast ausschließlich in Richtung der Fasern an Probekörpern nach Abb. 264 ermittelt[1]); hierbei sind die Proben — so weit erreichbar — so zu entnehmen, daß Faser- und Zugrichtung möglichst zusammenfallen und innerhalb der Versuchsstrecke keine Jahresringe ausschiefern, da sonst der Bruch leicht durch Abspalten, d. h. durch Aufhebung der Schubfestigkeit zwischen den einzelnen Jahresringen eintreten kann.

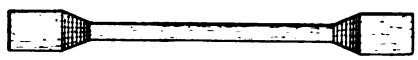


Abb. 264.

Die Länge des Probestabes soll mehr als 22 cm, seine Breite mehr als 20 mm, seine Höhe mehr als 10 mm betragen.

Die Scherfestigkeit wird zweckmäßig nur in der Faserrichtung bestimmt, da ihre Ermittelung senkrecht zur Faserrichtung deshalb zwecklos erscheint, weil hier — infolge der geringen Druckfestigkeit des Materials — eine reine Scherwirkung nicht erreichbar ist. Hingegen ist die Scherfestigkeit radial und tangential zu den Jahresringen zu ermitteln. Beide Festigkeiten sind voneinander verschieden, jedoch ohne eine erkennbare Gesetzmäßigkeit; je nach der Holzart überwiegt bald die eine, bald die andere.

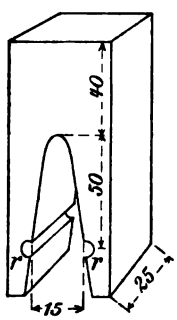


Abb. 265.

Der Versuch selbst findet durch Einwirkung zweier sich genau gegenüberstehender Messer statt, deren eines fest, deren anderes an einem beweglichen Preßkolben oder dergl. befestigt ist, und von ihm gegen den Probekörper bis zu dessen Durchscherung gedrückt wird. Die einschnittig arbeitenden Messer sind nicht breiter als 1 cm, ihre Angriffsflächen stehen genau senkrecht zur Kraftrichtung. Die Probekörper sind möglichst breit, in der Scherrichtung möglichst kurz zu halten. —

Die Untersuchung auf Spaltbarkeit der Hölzer wird an besonderen Klammern — Abb. 265 — ausgeführt; hierbei wird die Kraft in dem Einschnitte „r" gemessen, welche die beiden keilförmigen Hälften auseinanderreißt; auch hier wird — Abb. 266 a u. b — die Spaltbarkeit in der Querschitts- und Spiegelfläche, je nach dem Herausarbeiten der Klammern bestimmt.

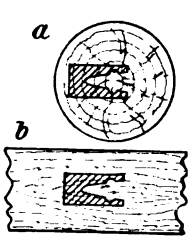


Abb. 266a u. b.

Im allgemeinen sind alle die vorstehend erörterten Proben bei lufttrockenem Holze — also einem Wassergehalte dieses von i. M. 15% durchzuführen. — Auf das Verhältnis der einzelnen Festigkeiten zueinander, wie es sich aus den Prüfungen des Holzes ergeben hat, ist bereits auf S. 358 eingegangen worden.

Neben der Prüfung auf Festigkeit wird auch das Verhalten des Holzes gegen Feuchtigkeit untersucht, zumal mit dem größeren Wassergehalte die Festig-

[1]) Nur bei sehr spaltbarem Holze kommen Rundstäbe in Frage.

keit abnimmt; daneben sind die beim Quellen und Schwinden eintretenden Formänderungen zu bestimmen. Wie schon auf S. 359 und 360 hervorgehoben wurde, hat sich hierbei gezeigt, daß bei einer Wasseraufnahme die Formänderungen ziemlich gleichmäßig mit dieser fortschreiten, während bei einer Wasserabgabe zunächst trotz sehr erheblichen Wasserverlustes das Schwinden sehr gering ist, um erst von einem Wassergehalt von 20% an in starkem Maße aufzutreten, eine Erscheinung, die auf das Festhalten des Wassers in den Zellwandungen zurückzuführen ist.

Die Ermittelung des „Schwind"- und „Quellmaßes" erfolgt durch lineares Ausmessen und zwar entweder der Kantenlängen oder besonderer, genau auf den Proben markierter Maßlängen.

Recht schwierig ist die Prüfung auf Faulen des Holzes; am zweckmäßigsten erscheint es hier, verschiedenartige Pfähle gleicher Abmessung in bestimmte Bodenarten oder auch faulende Substanzen einzuschlagen und aus ihrer relativen Dauer auf die größere oder geringere Gefahr des Faulens zu schließen. Es liegt auf der Hand, daß derartige Versuche sehr lange Zeit beanspruchen und daß ihre Ergebnisse doch so stark von den Versuchsumständen abhängig sind, daß sie kaum allgemein gültige Schlüsse gestatten dürften. Vielleicht ist der schon vorgeschlagene Weg zweckmäßiger, das Holz mit dieses zersetzenden Pilzen zu impfen und es zu beurteilen, erstens nach der Zeit der Durchwachsung, zweitens nach der alsdann noch verbleibenden Festigkeit.

Endlich ist auch das Raumgewicht des Holzes zu bestimmen, nicht unwichtig für bauliche Verhältnisse, da bei gleicher Festigkeit dem leichteren Holze der Vorzug gebührt und bei gleicher Holzart schwereres Holz größere Festigkeit zu besitzen pflegt.

Die Bestimmung des Raumgewichtes erfolgt entweder stereometrisch oder mittelst des Eintauchverfahrens und Bestimmung der verdrängten Wassermenge. Bei letzterem, im allgemeinen weniger von Fehlern beeinflußten Verfahren ist es empfehlenswert, die Holzkörper, um ein Quellen auszuschließen, oberflächlich mit einem dünnen Firnisanstriche zu versehen.

Literatur-Nachweisung.

a) Größere Werke und ausgedehntere Arbeiten mit allgemeinen Angaben über das Holz.

1. Nördlinger, H., Die technischen Eigenschaften des Holzes. Stuttgart 1860; derselbe: die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart 1890.
2. Lange, W., Das Holz als Baumaterial. Holzminden 1879.
3. Käßner, B., Der Betriebsingenieur für das Bau- und Fabrikwesen. Teil 2. Abschn. 2. Bestimmung und Behandlung des Holzes. Leipzig 1880.
4. Strahl, G. R., Einiges über das Holz. Haarmanns Zeitschr. f. Bauhdw. 1882. S. 119, 124, 134.
5. Printz, E., Die Bau- und Nutzhölzer. Weimar 1884. Zweite Aufl. 1908, vollständig neu bearbeitet. Verlag B. F. Voigt, Leipzig.
6. Glayer, Sig., Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik. Hannover. Verlag Jänecke.
7. Hufnagl, L., Handbuch der kaufmännischen Holzverwertung und des Holzhandels. Zweite Aufl. Berlin 1907. Verlag Paul Parey.
8. Wiesner, J., Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. II. Aufl. Zweiter Band: Hölzer. Leipzig 1903. Verlag W. Engelmann.
9. Laris, E., Nutzholz liefernde Holzarten, ihre Herkunft und Gebrauchsfähigkeit für Gewerbe und Industrie. Wien und Leipzig 1910. A. Hartlebens Verlag.
10. Exner und Lauböck, Die techn. Eigenschaften der Hölzer. Handbch. der Forstwirtschaft. 2. Aufl. Bd. II. Tübingen 1903.

11. Stübling, R., Holzindustrie. Tachenbuch für Werkmeister, Betriebsleiter, Fabrikanten und Handwerker. Leipzig 1901. Verlag J. J. Weber.
12. Oppermann, L., Allgemeine technische Bedingungen für die Verdingung und Ausführung von Arbeiten und Lieferungen zu Ingenieur-Bauten. II. Aufl. Leipzig 1896. Verlag W. Engelmann. II. Abt. § 2, § 41—43, § 53.
Weitere Auflage unter dem Titel:
Scheck, R., Verdingungsunterlagen für Vergebung von Lieferungen und Leistungen für Ingenieur-Bauten. Unter Benutzung des Werkes L. Oppermann, Allg. u. techn. Bedingungen etc. 1911.
13. Nöthling, E., Die Baustofflehre. Leipzig. Verlag B. F. Voigt 1904. Teil II: Die Bauhölzer, S. 128—177.
14. Krüger, R., Handbuch der Baustofflehre. Wien, Leipzig, Pest, A. Hartlebens Verlag. 1899. Bd. I. Kapitel III: Die Hölzer. S. 267—438.
15. Schubert, H., Kurzgef. Lehrb. der Baumaterialienkunde. Verlag Ludw. Hofstetter, Halle a. S. S. 68—140.
16. Glinzer, E., Kurzgef. Lehrbuch der Baustoffkunde nebst einem Abrisse der Chemie. II. Aufl. Dresden. Verlag Kühtmann 1900. Teil III: Holz. S. 124—154.
17. Handbuch der Architektur. Dritte Aufl. Leipzig. Alfred Kröner. 1905. Erste Abt.: Die Technik der wichtigeren Baustoffe. 5. Kapitel: Das Holz. S. 207—234.
18. Lange, W., Baustofflehre. Abschn. II: Das Holz. S. 103—139. Leipzig 1898. Verlag J. J. Weber
19. Daub, H., Hochbaukunde. I. Teil: Baustoffe. II. Aufl. S. 5—30. Leipzig. Wien 1910. Verlag Franz Deuticke.
20. Wagner, C. A., Die Baustoffe. Hannover 1908. Verlag Jänecke. S. 154—175.
21. Schuster, F., Bewährte moderne Spezialkonstruktionen und Materialien im Hochbau. Stuttgart 1910. I. Jahrgang. Verlag W. Mayer-Ilscher.
22. Speltz, A., Die modernen Baumaterialien und Baumethoden. Berlin 1910. Verlag Carl Heymann.

b) Holzbearbeitung.

23. Schmidt, R., Die Maschinen zur Bearbeitung des Holzes. Leipzig 1861—71.
24. Exner, W. F., Werkzeuge-Maschinen zur Holzbearbeitung. Weimar 1878—80.
25. Über Holzbearbeitungs-Maschinen vergl. auch: Maschinenbau. 1880. S. 195, 264, 270, 274, 291, 300, 322; desgl. Polyt. Journ. Bd. 235. S. 337.
26. Ledebur, A., Die Verarbeitung des Holzes auf mechan. Wege. Braunschweig 1881.
27. v. Hoyer, E., Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes. IV. Aufl. Wiesbaden 1906. C. W. Kreidels Verlag.
28. Fischer, H., Werkzeugmaschinen. Bd. II: Holzbearbeitungsmaschinen. Berlin 1907.
29. Lauböck, G., Die Holzbearbeitungsmaschinen der Weltausstellung von Paris 1900. Wien 1901.
30. Derselbe, Das Biegen des Holzes. Weimar 1893.
31. Voß, F., Das Beizen und Färben des Holzes. Düsseldorf 1904.
32. Zimmermann, W., Das Beizen und Färben des Holzes. Zürich, Leipzig. Verlag A. Wehner. 1904.
33. Andés, L. E., Die technischen Vollendungsarbeiten der Holzindustrie: das Schleifen, Beizen, Polieren, Lackieren, Anstreichen, Vergolden des Holzes usw. Wien, Leipzig 1884. A. Hartlebens Verlag. Vergl. auch Kataloge der Holzbearbeitungs-Maschinen; benutzt bei den vorstehenden Ausarbeitungen: Katalog Nr. 100 der Maschinen-Fabrik E. Kießling, Leipzig-Plagwitz, Säge- und Holzbearbeitungsmaschinen.

c) Faulen, Holzschwamm, Konservierung.

34. Bouchérie, Mémoire sur la conservation des bois. Paris 1859.
35. Buresch, E., Über die versch. Verfahren und Apparate zum Imprägnieren der Hölzer. Gekrönte Preisschrift. Dresden 1860.
36. Heinzerling, Ch., Die Konservierung des Holzes. Halle 1884.
37. Derselbe, Der Schutz des Holzes gegen Fäulnis und sonstiges Verderben. Dresden 1880.
38. Sorokin, Über die Fäulnis der Hölzer. Z. f. B. 1883. S. 222—240.
39. Zerener, H., Beitrag zur Kenntnis, Verhütung und Vertreibung des Hausschwammes. Leipzig 1877. Verlag Baensch.
40. Hartig, E., Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichtenholzes. Dresden 1876.

41. Die Verwendung des Buchenholzes zu Bauzwecken. Z. d. B. 1884. S. 483.
42. Gottgetreu, R., Die Hausschwamm-Frage der Gegenwart. Berlin 1891. Verlag Ernst & Sohn.
43. Möder, Die Entstehung, Fortpflanzung und Vertilgung des Holzschwammes. Düsseldorf 1881.
44. Goeldner, G., Der Hausschwamm und seine nachhaltige Verhütung. Bromberg 1885.
45. Hartig, R., Lehrbuch der Baumkrankheiten. Berlin 1882. Verlag Springer.
46. Kern, Fr., Hausschwamm, Trockenfäule. Halle 1889. Verlag Hofstetter.
47. Hennings, P., Der Hausschwamm und die durch ihn und andere Pilze verursachte Zerstörung des Holzes. Berlin 1891. Verlag Seydel.
48. Keim, A. W., Die Feuchtigkeit der Wohngebäude, der Mauerfraß- u. Holzschwamm. II. Aufl. Wien, Leipzig 1901. A. Hartlebens Verlag.
49. Hennings, P., Über das Vorkommen des Hausschwammes. Z. d. B. 1903. S. 600, sowie Z. d. B. 1889. S. 213 (Hausschwamm, ein Bewohner unserer Wälder).
50. Derselbe, Weniger bekannte Schwämme, die in Gebäuden eine Zerstörung des Bauholzes verursachen. Z. d. B. 1901. S. 243—244.
51. Flügge, C., Bedingen Hausschwammwucherungen Gefahren für die Gesundheit der Hausbewohner? Jena 1907. Verlag Fischer.
52. Zikes, H., Über Hausschwamm und andere holzzerstörende Pilze. Z. d. ö. Ingen.- und Arch.-V. 1903. S. 145.
53. Dietrich, E., Die Hausschwammfrage vom technischen Standpunkte. Berlin 1898. Verlag Siemenroth und Troschel.
54. Hartig, R., II. Aufl. von Frhr. C. v. Tubeuf. Der echte Hausschwamm. Berlin 1902. Verlag Julius Springer.
55. Pichler-Unnna, L., Die Feuchtigkeit im Hause, ihre Ursache und Beseitigung. Stuttgart. Verlag E. Leupoldt.
56. Mey, C., Der Hausschwamm und die übrigen holzzerstörenden Pilze der menschlichen Wohnungen. Dresden 1904. Verlag Lincke.
57. Ruff, Fr., Lösung der Hausschwammfrage. Selbstverlag 1900. Vertrieb: K. F. Köhler, Buchhandlung, Leipzig.
58. Malenkovic, B., Die Holzkonservierung im Hochbau mit besonderer Rücksichtnahme auf die Bekämpfung des Hausschwammes. Wien, Leipzig 1907. Verlag A. Hartleben.
59. Bittmann, Otto, Die holzzerstörenden und zersetzenden Pilze unserer Laubhölzer. Vortrag. Brünn 1909. Selbstverlag: Druck von G. M. Rohrer.
60. Wolfmann, Jul., Feuchtigkeit und Schwammbildung in Wohngebäuden. Berlin 1910. Verlag Fr. Siemenroth. — (Techn. Studien über die Schwammgefahr; ihre Bekämpfung sowie ihre Beurteilung bei Rechtsfragen).
61. Möller, A., Hausschwamm-Forschungen (im amtlichen Auftrage). Heft I—III. Jena 1907—1909. Verlag von G. Fischer.

d) Holzprüfung.

62. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs. Herausgegeben von der k. k. Forst-Versuchsanstalt in Mariabrunn. Heft XXXIII. Die Einwirkung von Süß- und Salzwässern auf die gewerblichen Eigenschaften der Hauptholzarten. Wien 1907. K. u. k. Hofbuchhandlung W. Frick.
63. Rudeloff, M., Bericht über die im Auftrage des Min. für Landw., Forsten und Dom. ausgeführten Holzuntersuchungen. Berlin 1889.
64. Derselbe, Die Prüfung des Holzes. Bm. 1900. Nr. 19—22.
65. Kron, O., Material-Prüfungsämter. Verlag Jänicke-Hannover 1909.
66. Wawrziniok, O., Handb. d. Materialprüfungswesens. Berlin 1908. Verlag J. Springer. S. 429 u. folgd.: Die Prüfung des Holzes.
67. Bauschinger, J., Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit von Fichten- und Kiefern-Bauhölzern. Mitt. aus den mechan.-techn. Labor. d. T. H. München 1883 und 1887.
68. Hadeck-Janka, Unters. österr. Bauhölzer. Wien 1900 und 1904.
69. Schwappach, A., Unters. über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. Berlin 1897 und 1898.
70. Tetmajer, L., Methoden und Resultate der Prüfung Schweizer Bauhölzer. II. Aufl. Zürich 1896. Selbstverlag der Material-Prüfungsanstalt zu Zürich.

Sachverzeichnis.

(Nach dem Alphabet geordnet, die Ziffern bedeuten die zugehörenden Haupt-Seitenzahlen des Werkes.)

A.

Abholzig 378.
Ahorn 368.
Akazie 367.
Ankohlen 388.
Antinonnin 388.
Arve 363.
Atmung des Baumes 354.
Äußerliche Besichtigung 394.
Aufbau des Holzes 351—354
Auslaugen 372—373.
Ausschreibungsbedingungen 383—384.
Austrocknen des Holzes 371—373.

B.

Balken 380.
Bandsäge 374.
Barol 388.
Bast 353—354.
Bauholz-Eigenschaften 378—384.
Bauholzklassen 379.
Bauholzpreise 381.
Bautechnische Prüfung 394.
Bearbeitung 373—378.
Beizen des Holzes 376.
Bestandteile (chemische) des Holzes 354—355.
Biegefestigkeitsbestimmung 395.
Blätter-Hausschwamm 391.
Bleichen des Holzes 377.
Bohlen 381.
Bohrmaschinen 375.
Bohrwurm 361, 387, 394.
Bouchériesieren 368.
Bretter 381.
Brückenbohlen 381, 382, 383.
Buche (Rot-) 366.
— (Weiß-) 367.

C.

Campecheholz 369.
Chemische Bestandteile des Holzes 354—355.

D.

Dämpfen 373.
Dauer 361.
Dekupiersäge 375.
Douglastanne 364.
Druckfestigkeitsermittelung 395.

E.

Ebenholz 369.
Edelkastanie 368.
Eibe 365.
Eiche 366.
Eichenschwamm 392.
Eisenbahnschwellen 382.
Elastizität 357.
Elastizitätsbestimmung 395.
Elastizitätszahlen 357.
Elektrische Leitungsfähigkeit 361.
Entzündbarkeit 392.
Erle 366.
Ernährung des Baumes 354.
Esche 367.
Eukalyptushölzer 368.

F.

Fällzeit 370—371.
Farbe 362.
Färbung (künstliche) des Holzes 376.
Faschinenreisig 383.
Faulen 385.
Fäulnisprüfung 397.
Fernambukholz 369.
Festigkeit 357—359.

Festmeter 380.
Fichte 364—365.
Forsttechnische Prüfung 394.
Fraismaschinen 375.
Frühholz 353.
Frühjahrsholz 353.

G.

Ganzholz 381.
Gefäße 351.
Gefäßzellen 351.
Geißfuß 376.
Gelbe Kiefer 364.
Glanzpolitur 378.

H.

Halbholz 381.
Hallimasch 392.
Handsägen 373.
Härte des Holzes 356—357.
Hasselmanns Tränkungsverfahren 387.
Hausschwamm 388—392.
Heilbronner Sortierung 380.
Herbstholz 353.
Hickoryholz 369.
Hirnschnitt 352.
Hobelmaschinen 376.
Hohleisen 376.
Holzanstriche gegen Entflammung 393.
Holzdrehbänke 376.
Holzgewebe 362.
Holzpflaster 383.
Holzschwamm, Erkennen von, 390—391.
Holzschwamm, Lebenselemente 388—389.
Holzschwamm, Verhütung 389.
Holzschwamm, Vertilgungsmittel 389—392.
Holzstränge 352.
Holzzerstörende mindergefährliche Pilze 391—392.
Horizontalgatter 374.
Humifizierung 386.

I.

Jahresringe 353.
Imprägnierung gegen Entflammung des Holzes 392.
Imprägnierungsmittel 386—388.
Insektenfraß 393—394.

K.

Käferfraß 393.
Karbolineum Avenarius 388.
Karbolsäure 387.
Kastanie (Edel- und Roßkastanie) 368.
Kehlmaschinen 376.
Kernholz 353—354.
Kiefer 363.
Königsholz 369.
Konservierungsmittel 386—388.
Kopiermaschinen 376.
Kreissäge 375.
Kreosotöl 387.
Kreuzholz 381.
Kupferchlorid 386.

L.

Lärche 365.
Larven von Insekten im Holze 393.
Lebensbaum 365.
Lebioda-Tränkungsverfahren 386.
Leitungsstangen 383.
Linde 368.

M.

Mahagoniholz 369.
Mark 353.
Markstrahlen 352.
Masern des Holzes 377.
Meißel 376.
Mikrosol 389—390.
Mikrosol-Prüfung 389—390.

N.

Nadelhölzer 363—365.
Normalbauhölzer 380.
Nußbaum 368.
Nutmaschinen 376.

O.

Obstbaumholz 368.
Oregon-Kiefer 364.

P.

Palisanderholz 369.
Pappel 367—368.
Parenchymzellen 352.
Pechkiefer 364.
Pendelsäge 375.
Pflaster aus Holz 383.
Physikalische Eigenschaften 355—363.
Pilze, mindergefährliche am Holze 391—392.
Pitch-pine 364.
Platane 368.
Pockholz 369.
Polieren des Holzes 377.
Politur 377.
Porenschwamm 391—392.
Preise des Bauholzes 381.
Prüfung des Holzes 394—397.

Q.

Quebrachoholz 369.
Quecksilberchlorid 386.
Quellen 359.
Quellmaßbestimmung 397.
Querschnitt 352.

R.

Radialschnitt 352.
Rahmensägen 374.
Räuchern des Holzes 377.
Raumgewicht 355—356.
Raumgewichtsbestimmung 397.
Raummeter 380.
Rheinisches Langholz (Sortierung) 380.
Rinde 353—354.
Rindegehalt 380.
Rosenholz 369.
Rotbuche 366.
Rotfäule 385.

S.

Sandelholz 369.
Schalleitung 361.
Scharfkantbalken 380.
Scherfestigkeitsbestimmung 396.
Schleifmaschinen 376.
Schnitthölzer 381.
Schwammvertreibung 392.
Schwarzkiefer 368.
Schwellen (Eisenbahn-) 382.
Schwere Teeröle 387.
Schwinden 359.
Schwindmaßbestimmung 397.
Seemanns Verfahren zur Schwammvertreibung 392.
Sehnenschnitt 352.
Sklerenchymfaser 352.
Sortierung 379—380.
Spätholz 353.
Spaltfestigkeitsbestimmung 396.
Spaltbarkeit 359.
Spalthölzer 381.
Spiegelschnitt 352.
Splint 353.
Sprödigkeit 357.
Spundmaschinen 376.
Stechzeug 376.
Stemmmaschinen 376.
Stemmzeug 376.
Strangparenchym 352.
Strukturverhältnisse 352.

T.

Tangentialschnitt 352.
Tanne 364.
Teakholz 369.
Textur 362.
Tracheen 351.
Tracheiden 351.
Tränenschwamm, vgl. Holzschwamm.
Trocknung (allmähliche) des Holzes 371.
Trocknung (künstliche) des Holzes 372—373.

U.

Ulme 367.

V.

Verkleidungen des Holzes gegen Entflammung 393.
Vertikalgatter 374.
Viereisen 376.
Vollholzig 378.
Vorschriften betr. Holzbewertung in Preußen 379.

W.

Wachspolitur 378.
Waldkantiges Holz 380.
Wärmeausdehnung 360.
Wärmeleitung 360.
Wassergehalt des Holzes 355.
Weichselgebiet-Sortierung 380.
Weide 368.
Weißbuche 367.
Weißfäule 385.
Wieses Tränkungsverfahren 387.
Wurmfraß 393—394.

Z.

Zähigkeit 357.
Zapfensäge 375.
Zeder 365.
Zellenarten 351—352.
Zellgewebe 354.
Zellulose 354.
Zinkchlorid 386—387.
Zirbelkiefer 368.
Zugfestigkeitsbestimmung 396.

LEHRBUCH

DER

BAUMATERIALIENKUNDE

ZUM GEBRAUCHE AN

TECHNISCHEN HOCHSCHULEN UND ZUM SELBSTSTUDIUM

VON

MAX FOERSTER

ORD. PROFESSOR FÜR BAUINGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

HEFT IV

DIE METALLE, NAMENTLICH DAS EISEN

MIT 110 ABBILDUNGEN IM TEXT.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1911

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

Vorwort.

Der vierte Teil des Lehrbuches für Baumaterialienkunde befaßt sich vorwiegend mit dem Eisen als Konstruktionsmaterial und bringt daneben einige wichtigere Mitteilungen über die den Architekten und Bauingenieur wegen ihrer Verwendung im Bauwesen interessierenden Metalle: Blei, Zink und Kupfer.

Neben einem kurzen Abrisse über die „Geschichte des Eisens“ namentlich auch die Entwickelung seiner Herstellungsprozesse, werden die wichtigsten Eisenerze sowie die bei ihrer Verhüttung notwendigen Mineralstoffe ausführlich besprochen. An den Abschnitt, der sich mit der Einteilung und Benennung der Eisenarten, sowie deren grundlegenden Eigenschaften befaßt, schließt sich das Kapitel über das Roheisen an, über den Hochofen und seinen Betrieb, die chemischen Vorgänge hierbei, endlich seine Erzeugnisse. In dem Abschnitte, „das schmiedbare Eisen,“ werden neben dessen Haupteigenschaften die wichtigeren Herstellungsverfahren behandelt, das Herdfrischen, das Puddelverfahren, das Windfrischen (Bessemer- und Thomas-Prozeß) und das Siemens-Martin-Verfahren; im Anschlusse hieran werden besondere Verfahren der Flußeisen- und Stahlherstellung besprochen, im besonderen auch die moderne elektrische Stahlbereitung.

Ein weiteres Kapitel ist der Formgebung des Eisens gewidmet, dem Formen des Eisens durch Gießen, Schmieden, Pressen und Walzen; entsprechend der großen Wichtigkeit dieser Gebiete, namentlich für den Bauingenieur, sind sie mit besonderer Ausführlichkeit behandelt. Hieran schließt sich ein kurzer Abschnitt über die Grundzüge der Maschinen zur Bearbeitung des Eisens für Baukonstruktionen; wenn auch hier naturgemäß nicht auf Einzelheiten dieser z. T. sehr verwickelten Maschinen eingegangen werden konnte, so wird es doch den Studierenden, denen das Lehrbuch ja in erster Linie dienen soll, willkommen sein, die wichtigsten Eisenbearbeitungsmaschinen in den Grundzügen ihrer Anordnung und Wirkungsweise behandelt und durch eine größere Anzahl lebenswahrer Abbildungen vorgeführt zu sehen.

Ein weiterer größerer Abschnitt befaßt sich mit den bautechnisch wichtigen Erzeugnissen aus Eisen; den Walzprofilen und Blechen, den Eisenbahnmaterialien, den Verbindungsteilen (Nieten, Schrauben), den Seilen, Röhren und den verschiedensten gußeisernen Bauteilen. Überall sind umfassende tabellarische Zusammenstellungen gegeben.

Ferner wird die Prüfung und Gütebestimmung des Eisens ausführlich behandelt; es schließt sich der Abdruck der preuß. Vertragsbestimmungen für die Anfertigung, Lieferung und Aufstellung größerer Eisenkonstruktionen an. Ein letzter Abschnitt ist dem Rostschutze des Eisens und dem Verhalten der Eisenkonstruktionen im Feuer, nebst deren Sicherung hierbei, gewidmet.

Möge auch dieser Teil des vorliegenden Lehrbuches, das durch das dankenswerte Entgegenkommen der Verlagsbuchhandlung eine besonders hervorragende und reiche bildliche Ausstattung erhalten hat, seinen Zweck erfüllen, den jungen Architekten und Bauingenieur mit den Grundzügen der Baustoffkunde besser — als dies heute meist geschieht — vertraut zu machen.

Dresden im November 1911.

Professor **M. Foerster.**

Die außenstehenden Seitenzahlen beziehen sich auf das gesamte Lehrbuch, die innenstehenden nur auf den vorliegenden Teil desselben.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Das Eisen.

Kapitel XXIII. Geschichtliche Mitteilungen über die Eisenerzeugung, die Eisenerze und ihre Aufbereitung, die Einteilung der Eisenarten 403—420
§ 69. Geschichtliche Mitteilungen über die Erzeugung des Eisens . . . . . 403—408
§ 70. Die Eisenerze und sonstige zur Eisengewinnung benutzten Mineralstoffe . . 408—411
§ 71. Die Aufbereitung der Eisenerze, Zuschläge und Brennstoffe . . . . . 411—415
§ 72. Die Einteilung der Eisenarten und ihre Bezeichnung in der Technik . . . 415—420

Kapitel XXIV. Das Roheisen . . . . . 420—431
§ 73. Der Hochofen und sein Betrieb . . . . . 420—426
§ 74. Die chemischen Vorgänge im Hochofen und dessen Erzeugnisse . . . . . 426—431

Kapitel XXV. Das schmiedbare Eisen . . . . . 431—453
§ 75. Die allgemeinen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens . . . . . 431—432
§ 76. Das Herdfrischen und das Puddelverfahren . . . . . 432—437
§ 77. Das Windfrischen — Bessemer- (saures) und Thomas- (basisches) Verfahren 437—443
§ 78. Das Siemens-Martin-Verfahren . . . . . 443—446
§ 79. Besondere Verfahren zur Flußeisen- und Flußstahl-Herstellung, Umwandlung durch Glühen . . . . . 446—449
§ 80. Die Herstellung von Stahl auf elektrischem Wege . . . . . 449—453

Kapitel XXVI. Die Formgebung des Eisens . . . . . 453—496
§ 81. Das Gießen des Eisens . . . . . 453—460
§ 82. Das Schmieden und Schweißen des Eisens . . . . . 460—467
§ 83. Das Walzen des Eisens . . . . . 467—480
§ 84. Die Grundzüge der Maschinen zur Bearbeitung des Eisens für Baukonstruktionen 480—496

Kapitel XXVII. Das Eisen in der baulichen Praxis . . . . . 496—558
§ 85. Die bautechnisch wichtigen Erzeugnisse aus Eisen . . . . . 496—529
§ 86. Die Prüfung und Gütebestimmung des Eisens . . . . . 529—549
§ 87. Der Rostschutz des Eisens . . . . . 549—555
§ 88. Das Verhalten der Eisenkonstruktionen im Feuer . . . . . 555—558

B. Blei, Kupfer und Zink.

Kapitel XXVIII. Die Metalle Blei, Kupfer und Zink in ihrer Verwendung im Hochbau und Bauingenieurwesen . . . . . 559—564
§ 89. Das Blei . . . . . 559—561
§ 90. Das Zink . . . . . 561—563
§ 91. Das Kupfer . . . . . 563—564

Literatur-Nachweisung . . . . . 565—570

Sachverzeichnis . . . . . 571—573

Teil IV. Die Metalle.

A. Das Eisen.

Kapitel XXIII.

Geschichtliche Mitteilungen über die Eisenerzeugung, die Eisenerze und ihre Aufbereitung, die Einteilung der Eisenarten.

§ 69. Geschichtliche Mitteilungen über die Erzeugung des Eisens [1].

Die Herstellung des Eisens und seine Verwendung zu den verschiedensten Zwecken war den Kulturvölkern der vorchristlichen Zeit wohl bekannt. Die Frage, ob in frühester Zeit zunächst Meteoreisen oder das an vielen Stellen sich nicht weit unter der Erdkruste findende, leicht reduzierbare Eisenerz den Ausgangspunkt zur Gewinnung metallischen Eisens gebildet hat, ist eine Frage der Kulturgeschichte, die heute aller Voraussicht nach keine sichere Beantwortung mehr finden wird. Allerdings steht fest, daß das durch seinen erheblichen Nickelgehalt ausgezeichnete Meteoreisen in weit zurückliegenden Zeiten zu Werkzeugen und Waffen verarbeitet worden ist, wie auch das älteste uns überlieferte Eisenwerkzeug, vom Bau der Cheopspyramide (2600 v. Chr.) herstammend und in einer inneren Fuge dieser aufgefunden, wahrscheinlich nicht terrestrischen Ursprunges ist [2]). Jedenfalls aber ist festzustellen, daß von der großen Menge des Eisens, das bereits in früheren Jahrtausenden hergestellt und verwendet worden ist, nur ein geringer Teil Meteoreisen gewesen sein kann, entsprechend dem immerhin seltenen und geringfügigen Vorkommen dieses Stoffes auf der Erde [3]).

---

1) Vergl. hierzu: 1. Beck, Die Geschichte des Eisens. 2. Die Metalle, Geschichte, Vorkommen und Gewinnung, nebst ausführlicher Produktions- und Preis-Statistik. Vom Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes preisgekrönte Arbeit von Dr. Bernh. Neumann. Halle a. S. Verlag von W. Knapp. 1904. 3. Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens; herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf. 6. Aufl. 1907, im Kommissionsverlag von A. Bagel in Düsseldorf. 4. Eisen und Stahl von Dr. Alois Wurm. J. Kösels Buchhandlung, Kempten und München.

2) Aufgefunden im Jahre 1837 und im britischen Museum zu London aufbewahrt; vgl. Anm. 1 S. 404.

3) Die gesamte Masse des Meteoreisens auf der Erde ist zu rund 200000 kg berechnet worden. Die größte, einzelne, zusammenhängende Masse an Meteoreisen von 50000 kg Gewicht ist in einem Hochtal der Sierra Madre am Westabhange der Cordilleren nicht weit von der Bergstadt Barubirito gefunden worden. Auf eine ursprüngliche Verwendung von Meteoreisen scheint die Benennung des Eisens in einigen der alten Kultursprachen hinzudeuten, welche dieses als „Erz des Himmels" bezeichneten; in gleichem Sinne können auch die Sagen einer ganzen Anzahl von älteren Kulturvölkern herangezogen werden, nach denen das Eisen von Göttern hergestellt wurde (z. B. Osiris, Prometheus, Vulkan, Odin).

Ebenso unsicher ist die Frage, ob — wie früher allgemein angenommen wurde — der Verwendung des Eisens eine Bronzezeit vorausgegangen ist; es ist dies für viele Länder, in denen Eisenerze leicht gewinnbar sind, wenig wahrscheinlich, weil die Gewinnung keine schwerere als die des Kupfers aus seinen Erzen gewesen sein dürfte und in der Herstellung der Bronzelegierung fraglos ein weiterer Kulturschritt gegenüber der Erzeugung eines einheitlichen Metalles gesehen werden muß.

Die ausgedehnte Verwendung, welche das Eisen in lang vergangenen Zeiten gefunden hat, wird uns einerseits durch Funde und uralte Darstellungen unmittelbar und mittelbar bezeugt, andererseits durch literarische Überlieferungen bestätigt. Im besonderen sind uns solche Beweise überkommen von den Ägyptern, den Indern, Chaldäern, Phöniziern, den Israeliten, aus Armenien, Griechenland, dem römischen Reiche und anderen mehr.

Aus Darstellungen der Ägypter in ihren Grabkammern, aus den aus härtesten und festesten Steinen hergestellten Skulpturen dieses alten Kulturvolkes, die nur mit harten, eisernen Werkzeugen geschaffen worden sein können, aus dem Auffinden eiserner Pfeil- und Lanzenspitzen und uralter Pflugscharen können wir mit Sicherheit auf eine etwa 1500 v. Chr. allgemeinere, aber in ihren Anfängen schon weit früher vorhandene[1]) Kenntnis und Verwendung des Eisens im Niltale schließen; zudem ist uns urkundlich überliefert, daß, gleich wie die anderen der östlichen alten Kulturnationen, auch die Ägypter Tribut in Form roher Eisenbarren verlangten und erhielten; ja sogar antike Darstellungen lassen erkennen, auf welche einfache Weise damals das Eisen durch Zusammenschmelzen in niedrigen Gruben und unter Verwendung von Bambusgebläsen gewonnen worden ist. Wahrscheinlich stammte das hier benutzte Eisenerz aus dem Landstriche zwischen dem Nil und dem roten Meere, vielleicht auch von der Halbinsel Sinai oder aus Nubien und Ätiopien, Ländern mit uralter arabischer Eisen- und wahrscheinlich auch Stahlgewinnung.

Ähnliche Verhältnisse finden sich bei den Chaldäern, Phöniziern und Indern; hier sei namentlich Erwähnung getan:

des 1867 in den Trümmern des alten chaldäischen (etwa 700 v. Chr. erbauten) Palastes zu Khorsabad gefundenen Tributschatzes von roheisernen Barren von einem Gesamtgewichte von rd. 160000 kg,

der eisernen Klammern und Bänder, mit denen Nebukadnezar (600 v. Chr.) die Steinquader der berühmten Euphratbrücke zusammenhielt,

des bekannten Eisenbergbaues der Phönizier am Berge Ida in Phrygien,

der Erwähnung des Eisens zur Herstellung der Waffen in dem Psalmenwerke Rigweda (1500 v. Chr.) der alten Inder,

der noch heute in der Art ihrer Herstellung nicht erklärten, massiven, stahlartigen Säule zu Delhi, von etwa 18 m Länge und rund 40 cm Durchmesser, nach den Inschriften aus dem 9. und 10. Jahrhundert v. Chr stammend und wahrscheinlich aus einzelnen kleinen Stücken zusammengeschweißt, ohne daß jedoch die Spur einer Schweißnaht zu erkennen ist,

---

Auch sei erwähnt, daß aus dem Umstande, daß in der neuen Welt erheblich mehr Meteoreisen als in der alten sich gefunden hat, auf eine starke Benutzung desselben zur Eisenherstellung seitens der alten Kulturvölker Schlüsse gezogen werden.

[1]) Der älteste bearbeitete Eisengegenstand, ein kleines eisernes Armband, wurde in allerneuester Zeit von dem amerikanischen Archäologen Dow Covington im Mörtel des 84. Ganges der großen Cheopspyramide gefunden, nachdem schon 1902 der Ingenieur Hill dort im 103. Gange ein flaches Eisenstück gefunden hatte, das aber keine Spuren einer Bearbeitung aufwies.

endlich einzelner schmiedeeiserner Balken in altindischen Tempeln bis zu 6,3 m Länge.

Von der Verwendung des Eisens, auch seiner Herstellung bei den Israeliten, berichtet uns an vielen Stellen die Heilige Schrift. Auch Homer erwähnt und kennt das Eisen, sowie den Stahl, auch dessen Härtung durch plötzliches Abkühlen im Wasser. Jedoch scheint im allgemeinen damals das Eisen in Griechenland noch ein seltenes und hochgeschätztes Metall gewesen zu sein, wie aus seiner Stiftung als Kampfpreis[1]) geschlossen werden kann. Wie Hesiod berichtet, hat sich das später geändert; zu seiner Zeit (etwa 770 v. Chr.) war das Eisen allgemein bekannt und wurde sogar als Münze benutzt; bekannt war das Metall namentlich von den meisten griechischen Inseln, vornehmlich aus Kreta und Cypern, dann aus den Landschaften Arkadien, Lacedämonien und Böotien.

In ähnlicher Weise war dem alten Rom — schon zur Zeit der Etrusker — das Eisen wohlbekannt, um später das allgemeinste, namentlich zu Rüstungen und Waffen benützte Material zu werden. In der ersten Zeit war die Insel Elba der Bezugsort, dann folgten mit der Ausdehnung des römischen Reiches die Provinzen, unter ihnen namentlich Gallien, Spanien[2]), Illyrien, Steiermark und Deutschland. Hier ist in den Haupteisengegenden der römische Eisenerzbergbau nachweisbar. Reste größerer altrömischer Eisenwerke wurden bei Eisenberg in der Rheinpfalz und auf der Saalburg bei Homburg gefunden.

Wenn auch wenig über die Gewinnung des Eisens aus den Erzen im Altertume mitgeteilt worden ist, so kann doch, auf den wenigen Überlieferungen aufgebaut, mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß die Herstellung sehr einfach war und fast ausschließlich die Erzeugung eines Schweißeisens unmittelbar aus den Erzen durch einen Reduktionsprozeß zum Endziel hatte, wahrscheinlich unter Verwendung von ursprünglichen Gebläsen oder durch einfache Mittel gesteigerter Luftzuführung und bei Benutzung von Holzkohle als Brennstoff. Das gleiche Verfahren dürfte, wenig verändert, durch viele Jahrhunderte auch unserer Zeitrechnung beibehalten worden sein. Im allgemeinen war diese Eisengewinnung an größere Mengen von Brennstoff gebunden, sodaß die Eisenschmelzen meist in ausgedehnten Waldbezirken sich befanden.

Da in dieser Beziehung die Verhältnisse in Deutschland besonders günstig lagen, so ist es erklärlich, daß gerade hier bei dem Reichtum des Landes an Eisenerzen die Eisengewinnung eine Heimatstätte fand und Deutschland (in dem damaligen Umfange) zu Beginn des Mittelalters das nicht nur für die Erzeugung, sondern auch zugleich für den Handel[3]) wichtigste Land wurde. Bereits im 15. Jahrhundert wurde Eisen in erheblicher Menge in Böhmen, Bayern (Amberg, Sulzbach, Nürnberg, Wunsiedel), in Württemberg (Eisenwerke an Brenz und Kocher usw.), in Nassau, im Sauer- und Siegerlande, am Harz, in der Eifel, in Lothringen, in Schlesien usw. gewonnen. Wenn auch durch die Einwirkung der Kriegswirren im 17. Jahrhundert die deutsche Eisenindustrie stark geschädigt wurde und zurückging, so erhob sie sich doch wegen des Erzreichtums des Landes wieder im kommenden Jahrhundert zur alten Blüte.

Über die althergebrachte Form des Schmelzofens, einem offenen Herde[4]), bei dem mit einem Male nur wenige Kilogramm eines nicht homogenen Schweißeisens, die

[1]) Ilias 23, 826.

[2]) Später — unter der arabischen Herrschaft — wurde Toledo ein erster Sitz der Eisen- und Stahlerzeugung.

[3]) Es befand sich z. B. in Lübeck in damaliger Zeit (1392) eine Niederlage steirischen Eisens.

[4]) Diese Gewinnungsstätten wurden auch Renn- (Rinn-) oder Luppenfeuer genannt; sie haben sich bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts noch im Harz gehalten und sollen noch heute in den Pyrenäen, auf

später durch mehrfaches Umschmieden verbessert wurden, gewonnen werden konnten, fanden auch „Schachtöfen“ (Stücköfen, Wolfsöfen) Verwendung, besonders wenn die Erze schwerer reduzierbar waren. Ihr Vorzug bestand darin, daß wegen ihrer größeren Höhe mehr Beschickungen möglich waren[1]), die Hitze im Ofen also auch besser ausgenutzt und die Temperatur höher wurde, letzteres namentlich seitdem (vom 13. Jahrhundert an) durch Wasserkraft betriebene Blasbälge Verwendung fanden[2]). Auf diese Weise wurde es auch — zugleich mit einer Erhöhung des Ofenraums — erreicht, die Temperatur in ihm so hoch zu steigern, daß das Eisen flüssig wurde, d. h. an Stelle des früher fast ausschließlich gewonnenen Schweißmaterials nun ein Roheisen trat. Somit entstanden die ersten „Hochöfen“, und zwar wahrscheinlich am Rhein und zwar gegen die Mitte des 15. Jahrhunderts. Ihnen schloß sich die Verwendung des flüssigen Roheisens zu Gießzwecken an. Die Hochöfen selbst waren damals in ihrer Form sehr einfach; sie bestanden aus 2 mit ihren beiden Grundflächen zusammenstoßenden, abgestumpften Kegeln von zunächst 3—4 später 5—6 m Höhe.

In jene Zeit fällt auch die im Siegerlande, in Lothringen, in Steiermark usf. übliche Unterscheidung in Blas- und Hammerwerke, deren erstere Hochöfen waren, während die zweite Art durch Umschmelzen der Gewinnung von Schweißeisen aus Roheisen diente. Die Erfahrung, daß eine solche Herstellung möglich sei und hierbei sich ein erheblich besseres Schweißeisen als durch die unmittelbare Gewinnung aus den Erzen erzielen ließ, führte in der Folgezeit dazu, den direkten Herstellungsweg völlig zu verlassen und das Schweißmaterial fast nur noch durch Umschmelzen aus dem Hochofeneisen zu erzeugen — durch „Frischen“. Die hierbei benutzten Öfen hießen Frischherde; ihr Brennmaterial war zunächst Holzkohle.

Einen recht erheblichen Nachteil des gesamten Herstellungsverfahrens bildete — namentlich für waldarme Länder — die Verwendung der Holzkohle als Schmelz- und Reduktionsmaterial. Versuche, die in dieser Hinsicht — vorwiegend in England mit Steinkohlen und Koks — gemacht wurden, führten nach vielen vergeblichen Proben 1735 dazu, die Holzkohle zunächst für die Roheisendarstellung in England durch Koks zu ersetzen, während — und zwar wegen des Reichtums an Holz — erst 1788 der erste Hochofen in Frankreich (zu Creusot), desgleichen 1796 in Deutschland (zu Gleiwitz) mit Koks beschickt wurde, dem erst mehr als ein halbes Jahrhundert später (1849) Kokshochöfen im rheinisch-westfälischen Eisengebiete folgten.

Wie Versuche zeigten, ergab sich die Steinkohle zum Frischen nicht als geeignet, da sie hier mit dem Eisen in unmittelbare Berührung kommt und eine zu starke Verunreinigung dieses hierbei zu befürchten steht. Diesen Schwierigkeiten bei der Schweißeisen-Herstellung entsprang der 1784 vom Engländer Henry Cort erfundene, weiterhin durch Rogers und Hall erheblich in seiner Leistungsfähigkeit verbesserte Flammofen, der nach der Art des in ihm durchgeführten Aufbereitungsprozesses den Namen „Puddel“ofen[3]) erhalten hat. Durch ihn gewann England eine, längere Zeit verbleibende Überlegenheit in der Herstellung des Eisens[4]). 1825 wurde der Puddelbetrieb

---

Korsika und in einigen weit ausgedehnten Waldgebieten Nordamerikas im Betriebe sein. Die Öfen wurden mehrfach mit Erz und Holzkohle „beschickt“ bis sich am Boden der mit Schlacke durchsetzte Eisenklumpen — die Luppe — bildete, der in teigigem Zustande herausgenommen und mit dem Hammer bearbeitet wurde. Das gewonnene Eisen war schmied- und schweißbar.

[1]) Die Luppe bei Stückofen konnte bis 300 kg an Gewicht erreichen; täglich konnte der Ofen höchstens dreimal beschickt werden.

[2]) Derartige Hütten hießen deshalb auch „Radwerke“.

[3]) Das englische „to puddle“ = umrühren.

[4]) Es führte das u. a. zur Schaffung eines Schutzzolles auf Eisen in Deutschland, der erst wieder die deutsche Industrie wettbewerbsfähig machte und erstarken ließ.

auch in Deutschland, kurz vorher in Belgien und Frankreich, bald darauf auch in Steiermark und Kärnten eingeführt. Erst durch diesen Prozeß wurde es möglich, die Eisenindustrie im großen zu begründen, sie aus dem Kleinbetriebe herauszuheben.

Einen weiteren Fortschritt, namentlich in wirtschaftlicher Beziehung durch Abkürzung des Hochofenprozesses und Verbesserung der Roheisenqualität, brachte die Verwendung heißer Gebläseluft, 1829 durch den Engländer Neilson auf der Hütte in Clyde eingeführt, sowie der weitere Ausbau dieses Verfahrens durch Faber du Faur zu Wasseralfingen durch Verwendnng der, dem Hochofen entströmenden Gichtgase zur Erhitzung des Gebläsewindes (1833). In späteren Jahren wurden diese Winderhitzer erheblich verbessert, namentlich durch Anwendung des Siemensschen Regeneratorgrundsatzes und mit ihrer Hilfe in rascher Steigerung hochleistungsfähige Hochöfen erbaut. Heute zeigen diese Höhen bis zu 30,0 m, bei einem Fassungsraume bis zu 700 cbm und einer Tagesleistung bis zu 600 t Roheisen. —

Weiter trugen die Erfindung und Vervollkommnung der Dampfmaschinen, nicht minder die glänzende Entwickelung des Eisenbahnwesens zur Förderung der Eisenindustrie in hohem Maße bei, und zwar nicht nur durch die von ihnen gebotene Möglichkeit an beliebiger, geeigneter Stelle das Eisenwerk zu errichten, die zu seinem Betriebe notwendige Kraft zu erzeugen und für den Materialaustausch zu sorgen, sondern auch mittelbar durch die vielen neuen und schwierigen Aufgaben, die sie dem Eisen als Baustoff stellten. Hierdurch wurde bedingt, daß die früher nicht sehr bedeutende Gesamtproduktion der Erde an Eisen im Jahre 1850 bereits die stattliche Zahl von $4^3/_4$ Millionen Tonnen erreichte.

In der Mitte des vergangenen Jahrhunderts trat zu den bisher gewonnenen Eisensorten noch eine dritte Gattung, der Stahl, hinzu und zwar auf Grund der von Alfred Krupp in Essen durchgeführten, umfassenden langjährigen Versuche. Wenn auch damals erst die Gewinnung kleinerer Mengen gelang, so war doch die Möglichkeit der Erreichung eines lang erstrebten Zieles erwiesen. Auf der Weltausstellung zu London (1856) fanden demgemäß die Kruppschen Tiegel-Gußstahlproben und Erzeugnisse ungeteilte Anerkennung.

In großen Mengen Roheisen in Stahl zu verwandeln, gelang durch die Erfindung des Engländers Bessemer, der 1855—56 den Gedanken zur Ausführung brachte, durch das geschmolzene Roheisen atmosphärische Luft hindurchzublasen. 1860 ließ er sich den zu diesem Zwecke besonders konstruierten drehbaren Ofen, den „Konverter“, die „Bessemerbirne“ patentieren. Hierdurch wurde der im Puddelofen nur langsam vor sich gehende Umbildungsprozeß des Eisens außerordentlich beschleunigt und zudem die Leistung des Puddelofens (4—5 t täglich) bis auf das Zweihundertfache gesteigert. Jedoch gelang es nicht, jegliches Roheisen zu verarbeiten; das Verfahren blieb auf die reineren Sorten, namentlich die von Phosphor freien beschränkt. Für derartige Eisen das Verfahren brauchbar gestaltet zu haben, ist das Verdienst der Engländer Thomas und Gilchrist, denen es 1878 gelang, durch geeignete Zuschläge zum Roheisen und bestimmte Ausfütterung des Konverters den genialen Gedanken Bessemers auch für phosphorreiche Eisen, wie sie zu einem großen Teile gerade die deutschen sind, in die Praxis umzusetzen. Da bei diesen Verfahren das Eisen in flüssigem Zustande gewonnen wird, führt es allgemein den Namen Flußeisen.

Einen anderen Weg der Stahlherstellung durch Zusammenschmelzen von Roh- und Schweiß- (Schmiede-) Eisen hatten schon 1864 die Brüder E. und P. Martin zu Sireuil gezeigt; jedoch gelang es erst, ihr Verfahren für die Großindustrie nutzbar zu machen, als sie ihren geschlossenen Flammofen mit der Siemensschen Regenerativheizung ausstatteten; daher wird die sowohl dem Bessemer (sauren) als auch dem Thomas (basischen)

Verfahren anzupassende, also für jegliches Eisen verwendbare Herstellungsart mit Recht mit dem Namen „Martin-Siemens Verfahren“ bezeichnet. Seine besondere Wirtschaftlichkeit ist darin begründet, daß hier Eisenabfälle aller Art wieder Verwendung zu finden vermögen und daß die Abmessungen der Öfen sehr erheblich gewählt werden können, bis zu 100 t Einsatz; aus diesen Gründen, sowie im Hinblicke auf die große Gleichmäßigkeit des gewonnenen Materials wird gerade dem Martin-Siemens-Verfahren eine besondere Entwickelung in der Zukunft vorausgesagt.

Die jüngsten Fortschritte in der Eisenherstellung erstreben einerseits eine bessere Ausnutzung der Hochofengase zum Antriebe von Gaskraftmaschinen, also zur Krafterzeugung, andererseits die Verwendung des elektrischen Stromes zur Eisenherstellung.

In Deutschland ist zurzeit für Baukonstruktionen das basische Flußeisen, als das gleichartigere, das bevorzugte Material, und zwar auf Grund von bedeutsamen Versuchen, welche Georg Mehrtens bei der Erbauung seiner großen Weichselbrücken (1890) durchgeführt hat.

Die Gesamterzeugung der Erde an Roheisen betrug zu Beginn des jetzigen Jahrhunderts rd. 41 Millionen Tonnen; von ihnen erzeugte Deutschland, damals noch an dritter Stelle stehend [1]) 8,5 Millionen Tonnen; für 1906 stellten sich diese Zahlen auf 59 und 12,5 Millionen; hierbei nimmt Deutschland die zweite Stelle [2]) ein.

§ 70. Die Eisenerze [3]) und sonstige zur Eisengewinnung benutzten Mineralstoffe.

Nächst dem Aluminium ist das Eisen das in der Erdoberfläche am häufigsten vorkommende Metall.

Als reines Element findet es sich nur äußerst selten, eine Erscheinung, die durch das leichte Rosten des Eisens sich zur Genüge erklärt; ziemlich rein kommt es in dem stark nickelhaltigen Meteoreisen vor, dessen Auftreten aber — wie bereits auf Seite 403 hervorgehoben — ein so beschränktes ist, daß es für die Massenerzeugung des Eisens gänzlich ohne Belang ist.

Zur Herstellung des Eisens werden ausschließlich dessen Erze benutzt, soweit sie abbauwürdig und derartig chemisch zusammengesetzt sind, daß einerseits mit einfachen Mitteln das Metall aus ihnen ausgeschmolzen werden kann und andererseits keine Bestandteile vorkommen, welche, in das flüssige Eisen übergehend, dessen weitere Verarbeitung oder technische Eigenschaften ungünstig beeinflussen [4]). In Hinsicht auf die Abbauwürdigkeit kommen sowohl die geologischen Lagerungsverhältnisse, namentlich die Kosten der Gewinnung, als auch die Höhe der etwaigen Transportkosten, die Nähe von Kohlenlagern, die Stückgrösse der Erze, dann aber vor allem auch ihre Ausgiebigkeit in Frage. Wenn auch in letzterer Beziehung früher, namentlich in Oberschlesien, Erze bis herunter zu etwa 22 v. H. an Eisengehalt verhüttet wurden, so werden doch heute

[1]) An erster Stelle stehen die Vereinigten Staaten von Nordamerika mit 14 bezw. 1906 mit 25,7 Millionen t; an zweiter Stelle steht (1900) England mit 9,0 Millionen t.

[2]) England lieferte 10,3 Millionen t.

[3]) Vergl. hierzu auch die kurzen Ausführungen auf S. 49/50 in Teil I Natürl. Steine.

[4]) Arsenkies hat z. B. 34 % Eisen, eignet sich aber doch nicht zur Eisengewinnung, weil Arsen nicht vollkommen abgeschieden werden kann und schon ein geringer Gehalt von diesem Mineral dem Eisen sehr schädlich ist.

in Deutschland fast nur noch Erze verwendet, die 28—45 % Eisen besitzen[1]). Endlich kommen auch die Beimengungen der Erze in Hinsicht auf die weniger gute oder günstige Beeinflussung der Bildung einer Schlacke oder die Bindung schädlicher Bestandteile der Erze in Frage (vergl. § 71).

Die wirtschaftliche Bewertung der Eisenerze, die i. d. R. auf Grund einer chemischen Analyse gehandelt werden, erfolgt einerseits nach der Zusammensetzung des aus ihnen erblasenen Roheisens, andererseits nach den hiebei erwachsenen Selbstkosten; um diese zu vergleichen, bedient man sich des Wertausdruckes: $\frac{A-B}{C}$, worin A den Handelswert einer Tonne des aus dem Erze erzeugten Roheisens angibt, B die Selbstkosten einer solchen Tonne ohne die Kosten der Erze darstellt, und C die zu einer Tonne Roheisen erforderliche Erzmenge in t darstellt.

Die in der Natur vorkommenden, in der Eisenindustrie verwendeten Erze sind meist Oxyde, Hydroxyde und Karbonate; eine höhere Oxydationsstufe ist im allgemeinen günstig, weil mit ihr die Leichtigkeit, die Erze zu reduzieren, wächst.

Als Erze kommen in Frage:

1. Der Magneteisenstein, ein Eisenoxyduloxyd, $FeOFe_2O_3$, hat in chemisch reinem, praktisch allerdings kaum sich findendem Zustande einen Gehalt an 72,4 % Eisen, gilt aber schon als reich bei über 60 %; das Mineral gehört zu den wertvollsten und ausgiebigsten Eisenerzen, hat i. d. R. einen recht geringen Gehalt an Phosphor und Schwefel, zeigt eine schwarze bis schwarzgrüne Farbe bei deutlich metallischem Glanze, ist meist magnetisch und findet sich seltener in kristallinischer Form als in derben Massen. In geringeren Mengen tritt das Erz in Deutschland (in Thüringen, am Harz, im Erzgebirge und Schlesien) auf, steht aber in gewaltigen Lagern in Mittel- und Nordschweden an (Grängersberg und Gellivara), von wo aus es in sehr erheblichen Mengen in Deutschland eingeführt wird. Andere Fundstellen sind Südspanien (unbedeutend), der Ural, Kanada, die Vereinigten Staaten von Nordamerika. Da das Erz meist ziemlich rein ist, ist eine besondere Aufbereitung, namentlich ein Rösten nicht erforderlich; nur dort wo es mit Holzkohle verhüttet wird, wie in Schweden, ist eine besondere Vorbereitung zur Unschädlichmachung des geringen Schwefelgehaltes am Platze.

Das Raummeter des fest aufgestapelten schwedischen Magneteisensteines wiegt 3000—3500 kg.

2. Der Roteisenstein, Eisenoxyd, Fe_2O_3, chemisch rein mit 70 % Eisen, als Erz aber selten mehr als 60 % enthaltend, zeigt eine rötliche bis rötlich-schwarze Färbung und kommt in kristallinischer, derber und erdiger Form vor. Abarten sind: der Eisenglanz in kristallisierter Form von schwarzer oder grauer Farbe, der im Innern faserige, knollige „rote Glaskopf" (Blutstein), das dichte, auch oolithisch struierte Erz, gewöhnlich als Roteisenerz bezeichnet, die wichtigste, meist vorkommende Art.

Als Beimengungen finden sich meist Kalk, Quarz, Schwefelkies und Apatit, denen eine besondere Wichtigkeit — einerseits zur Bestimmung der Zuschläge bei der Verhüttung, andererseits im Hinblicke auf die spätere Aufbereitung und Verarbeitung — zukommen; namentlich ist Apatit wegen seines Phosphorgehaltes eine wertvolle Beigabe (Thomas-Eisen).

Roteisenstein findet sich in großen Mengen in Deutschland im Sieg-, Dill- und Lahngebiete, in kleineren Lagen im Harz, im Sauerlande, in Thüringen und im Erz-

[1]) In den österr. Alpenländern liegt diese Grenze bei etwa 40 %; in Nordamerika hingegen werden fast nur Erze mit 62—68 % Eisen verhüttet.

gebirge; zudem wird das Erz aus den hervorragenden Lagern in Nordspanien (Bilbao) und Nordafrika eingeführt. Weitere wichtigere Fundorte sind: Belgien, Luxemburg, Cumberland und Lancashire in England, die Insel Elba (sehr wertvolles Erz), die Gegend am Oberen See in Nordamerika (das Hauptgewinnungsgebiet für die Eisenindustrie der Vereinigten Staaten).

Das Raummeter Roteisensteinerz wiegt 1800—2400 kg.

3. Der Brauneisenstein — auch Limonit genannt — ist ein Eisenhydroxyd $2Fe_2O_3 + 3H_2O$ und enthält in reinem Zustande 59,9% Eisen, wird aber in der Praxis schon bei einem Gehalte über 45% als reich bezeichnet. Das weit verbreitete Erz ist entweder durch Verwitterung entstanden oder aus einer wässerigen Lösung sedimentiert und in letzterem Falle i. d. R. stark phosphorhaltig. Es fand sich früher in größeren Mengen in der norddeutschen Tiefebene, ist dort aber heute fast ausgebeutet und wird aus Luxemburg nach Deutschland in großer Menge eingeführt; weitere Fundstellen sind: Lothringen (sehr bedeutend), das Siegerland, Württemberg, der Nordharz, das Lahntal, der Taunus, der Westerwald und die Gegend von Peine, sowie ausserhalb Deutschland: die österreichischen Alpen, Spanien, Nordafrika, Nordamerika. Als Abarten sind zu nennen: der dunkle, kristallinische, innen faserige, knollige „braune Glaskopf", ein selteneres Erz, die oolithischen Rogeneisenerze, und das dichte oder erdige, meist einfach als Brauneisenstein, in Lothringen, Luxemburg, Frankreich und Belgien als Minette benannte Erz.

Brauneisenstein enthält oft Schwefelverbindungen, auch die anderer Metalle, und ist zumeist phosphorhaltig, so die vorgenannte Minette. Deshalb bildet diese die Grundlage der großartigen Thomasbetriebe in Luxemburg und Lothringen.

Zum Roteisenstein ist auch das heute noch in dauernder Neubildung begriffene Rasenerz (Wiesen, Sumpferz) zu rechnen, das sich in stehenden Gewässern und Sumpfniederungen absetzt, selten mehr als 0,5 m Mächtigkeit aufweist und von bald hellerer, bald dunklerer Färbung, wie geringerer oder größerer Festigkeit nach dem Alter der Ablagerungen ist. Seine Lage — nahe der Erdoberfläche — gestattet einen leichten Abbau; wegen eines meist hohen Gehaltes an Sand und Phosphorverbindungen ist das aus ihm erblasene Roheisen i. d. R. an Silizium und Phosphor besonders reich.

Es wiegt ein Raummeter Brauneisenstein von Bilbao 2100 kg, der der Lahn i. M. 1850 kg, aus Oberschlesien 1350 kg, Minette 1500 kg, Raseneisenerz 1350 kg.

4. Der Spateisenstein — Siderit, Eisenspat — stellt die Kohlensäure-Verbindung des Eisens dar, $FeCO_3$; sein Gehalt an Eisen in reinem Zustande beträgt 48,5%, wird aber in der Praxis schon bei 38% als hoch bezeichnet. Das für die Eisenerzeugung sehr wertvolle Erz findet sich in mächtigen Lagern in Steiermark und Kärnten (schon von den Römern benutzte „Erzberge" mit Eisenlagern von über 150 m Mächtigkeit), ferner in Ungarn, Frankreich, Spanien und Deutschland; hier sind zu nennen: das Siegerland, der Stahlberg bei Müsen in Thüringen, die Gegend von Osnabrück, einige kleinere Vorkommen im Harz und im Ruhrtale.

Das gelbbraune Erz zeigt hellgelben Strich, und wird an der Luft dunkler. Als Begleiter sind fast stets vorhanden die Kohlensäureverbindungen von Mangan, Magnesium und von Kalk, Beimengungen, die den Wert des Erzes im Hinblicke auf die zur Verhüttung notwendigen Zuschläge erheblich erhöhen. Phosphorverbindungen finden sich seltener.

Abarten stellen dar: der Ton- und der Kohleneisenstein.

Der Toneisenstein, eine Vereinigung von Spateisenstein und Ton, findet sich vorwiegend in England, daneben in Deutschland in der Zwickauer Gegend, in untergeord-

neten Massen in Schlesien und im Ruhrtale. Das feine körnige Erz ist nicht selten durch die Einwirkung der Atmosphäre zersetzt und soweit das Eisen in Frage kommt z. T. in Eisenhydroxyd umgewandelt. Findet sich neben Ton oder an seiner Stelle Kohle so führt das dunkelfarbige Erz die Bezeichnung Kohleneisenstein (Blackband). Das meist in den oberen Schichten der Steinkohle, z. B. in größeren Massen in Westfalen, sich findende Erz besitzt 10—25 % Kohle. Wie in § 71 hervorgehoben wird, findet bei Spateisenstein fast stets eine Aufbereitung durch Rösten statt, einerseits zur Gewichtsverringerung der Erze (30 %), andererseits zur Beschleunigung des Verhüttungsvorganges.

Als Gewichte sind einzuführen für das Raummeter festgelagerten Erzes:

Spateisenstein von der Sieg ungeröstet 2200 kg, desgl. geröstet 1900 kg, desgl. aus Bilbao 2100 kg, Toneisenstein 1800 kg.

Neben den Eisenerzen finden, wenn auch immerhin in untergeordneter Menge zur Eisenherstellung Verwendung:

Eisenreiche Schlacken, namentlich die bis 50 % Eisen haltenden Schlacken der Puddelöfen, die Konverterauswürfe, der beim Walzen und Schmieden sich bildende Eisenabfall (Walzsinter, Hammerschlag), Rückstände chemischer Betriebe, z. B. Eisenoxyd, namentlich aber das 60—65 % Eisen enthaltende „Purpurerz" auch „Kiesabbrand" genannt. Dieses ist ein Rückstand der Schwefelsäurefabrikation und entsteht hier durch Rösten usw. aus dem Eisenkies, FeS_2, der zwar 45 v. H. Eisen enthält, wegen seines hohen Gehaltes an Schwefel (49 %) aber nicht unmittelbar zur Eisengewinnung verwendet werden kann; chemisch stellt Purpurerz ein mehr oder weniger verunreinigtes, z. B. 3—4 % Kupferverbindungen enthaltendes, Eisenoxyd dar, das zur Entfernung der letzteren ausgelaugt wird, aber immerhin eine genauere chemische Kontrolle im Hinblicke auf nicht selten vorhandene, später schädliche Beimengungen von Antimon und Arsen verlangt.

§ 71. Die Aufbereitung der Eisenerze, Zuschläge und Brennstoffe.

Für gewöhnlich werden die Erze in der Form, wie sie der Bergbau liefert, verschmolzen[1]), da die Reinigung und Aufbereitung der Erze, so erwünscht sie auch in bestimmten Fällen sein mögen, die Gewinnungskosten des Eisens ungünstig beeinflussen. Es erstreckt sich demgemäß die Aufbereitung i. d. R. nur auf bestimmte Arten von Erzen, sei es, daß schädliche Bestandteile ausgeschieden werden müssen, oder der Betrieb im Hochofen beschleunigt bzw. durch Verwendung „angereicherter" Erze auch wirtschaftlich verbessert werden kann.

Die in diesem Sinne notwendigen Aufbereitungsarbeiten können rein mechanische sein oder auf chemischer Grundlage sich aufbauen. Zu der ersten Art gehört ein Zerkleinern der Erze — durch Hand oder Maschinen — und die Entfernung eisenarmer oder eisenfreier Erzstücke, eine Arbeit, die wiederum durch Hand oder — namentlich bei ton- und sandhaltigen Erzen, also bei Beimengungen von sehr verschiedenen Raumgewichten — durch die Spülkraft des Wassers ausgeführt werden kann. In neuerer Zeit ist hierzu ein magnetisches Aufbereitungsverfahren getreten, davon ausgehend, daß nicht nur das Eisen, sondern auch Eisenoxyde und Oxyduloxyde magnetische Eigenschaften

[1]) Eine allgemeine Ausnahme hiervon macht nur die Beschickung von Holzkohlen-Hochöfen; hier sind die Erze fast stets zu zerkleinern und zu rösten.

besitzen und sich somit — nach Zerkleinerung des Eisengesteines — mit Hilfe kräftiger Elektromagneten von den tauben Gesteinsstücken sondern lassen, wenn sie in das Kraftfeld eines oder mehrer Magnete geführt werden. Hierbei ist es zugleich möglich, bei verschieden großer magnetischer Anziehungskraft die Erze ungefähr nach ihrem Eisengehalte zu sortieren.

Die chemische Aufbereitung besteht vorwiegend in einem Rösten der Erze, namentlich der Eisenspate, dann aber auch der Brauneisensteine und vieler Erze, welche erheblichere Mengen von Schwefelverbindungen führen. Das Rösten fand früher in offenen Haufen statt, auf die Erze und Brennstoffe schichtweise aufgebracht waren, wird heute aber fast ausschließlich in schachtförmigen Öfen ausgeführt, in die Brennstoffe (Steinkohle i. d. R.) und Erz von oben aus eingeschichtet werden; manchmal bilden hierbei, wie bei Kohleneisenstein, Bestandteile der Erze selbst den Brennstoff oder einen Teil desselben.

Durch das bis zum Erglühen der Erze unter Luftzutritt getriebene Rösten findet neben einer starken mechanischen Auflockerung eine erhebliche chemische Veränderung statt: Beim Brauneisenstein wird das gebundene Wasser (15 %) ausgeschieden, während bei Spateisenerz die Kohlensäure ausgetrieben wird und das zurückbleibende Eisenoxydul mit dem Luftsauerstoff in Eisenoxyduloxyd sich umwandelt; abgesehen von einer für die Verfrachtung sehr bedeutsamen Verringerung des Gewichtes um 30 %, ist durch die eingetretene höhere Oxydation des Eisens auch ein leichteres Verhütten bedingt, da das höher oxydierte Eisen im Hochofen leichter reduzierbar ist als bei geringerer Oxydationsstufe. Jedoch sei hervorgehoben, daß bei Hochöfen, die nur Eisenspat verhütten, nur zwei Drittel der zur Beschickung benutzten Erze geröstet werden, da durch die, aus dem verbleibenden Drittel beim Schmelzprozesse entweichende Kohlensäure eine Lockerung der Einschmelzmassen und zudem ein erwünschter „kälterer Gang" der oberen Ofenzone bewirkt wird.

Zudem ist bei schwefelhaltigen Erzen auch eine Entschwefelung durch das Rösten infolge Bildung und Abgang von schwefliger Säure bedingt; hier kommen nicht nur Verbindungen von Eisen und Schwefel (FeS_2), sondern auch solche anderer Elemente in Frage: Kupferkies, Arsenkies, Zinkblende, Bleiglanz usf.; ihre Metalloxyde bleiben nach dem Rösten zurück und gehen entweder unschädlich in das Roheisen über oder verflüchtigen sich, wenn sie nicht selbst reduziert oder von der Schlacke aufgenommen werden; auch kann sich an den Röstprozeß ein Auslaugen der Erze anschließen.

Die Vorteile der Aufbereitung bestehen in geringeren Transportmassen und -Kosten, einem Anreichern der Erze inbezug auf das Eisen, Entfernung schädlicher Bestandteile und in weiterer Folge in dem dementsprechend verbilligten Hochofenbetriebe und der besseren Eisenqualität.

An die Aufbereitung der Erze schließt sich in manchen Betrieben das „Möllern"[1]) derselben, d. h. die lagenweise Zusammenmengung der Erze mit ihren Zuschlägen an; ein Möllern „im Haufen" ist heute fast nur noch bei Holzkohlenhochöfen üblich, während sonst entweder erst im Gichttrichter oder — namentlich bei schrägen Förderanlagen — in den Fördergefäßen die gewünschte Verteilung der einzelnen Erze und Zuschlagstoffe vorgenommen wird.

Eine erhebliche Schwierigkeit macht das Verhütten fein gekörnter Erze, weil hier leicht ein vorzeitiges Verschlacken oder ein Zusammenbacken der einzelnen größeren

[1]) Möllerung ist also die Vermengung der Erze mit ihren Zuschlägen; die Möllerung mit der zugehörenden Brennstoffmenge zusammen heißt Beschickung.

Stücke durch die feineren Teile stattfindet und somit der Durchgang des „Windes“ durch den Hochofen und sein Betrieb erschwert wird; auch werden feinere Staubteile durch den Wind mitgerissen und tragen so zur Vermehrung des „Gichtstaubes“ bei, der heute um so unangenehmer ist, als die Gichtgase zum Betriebe von Kraftmaschinen Verwendung finden. Diese Nachteile hat man versucht, durch Brikettierung (Ziegelung) der feinen Erzteile zu beseitigen, indem man sie durch ein selbst unschädliches oder für den Hochofenbetrieb wirksames Bindemittel in Steinform durch Pressen oder Sinterung vereinigte, eine Einrichtung, die es auch gestattet, den aus den Gichtgasen ausgeschiedenen Staub in gleicher Weise wieder zu verhütten. Bisher krankte aber die Brikettierung im allgemeinen noch an den zu hohen Preisen, da ihre Kosten — wie berechnet — 3 Mark für 1 t Erz nicht übersteigen dürfen, wenn die Herstellung des Roheisens nicht verteuert werden soll. Hierbei ist allerdings auch daran zu denken, daß durch die Ziegelung der Feinerze Betriebsvorteile erreicht werden, welche namentlich in der erhöhten Betriebssicherheit, der Vermeidung von Gichtstaub, u. U. einer Verminderung der Kalkzufuhr (bei kalkigem Bindemittel) begründet sind.

Der Zweck der den Erzen im Hochofen zugeführten **Zuschläge** ist der, mit ihrer Hilfe die erdigen und steinigen Beimengungen der Erze und die Asche der Brennstoffe in leicht schmelzbare, flüssige Verbindungen überzuführen.

Nur wenige Erze (selbstgehende Erze) enthalten neben dem Eisen derartige Bestandteile, daß sie für sich allein bezw. durch Vermischung mit anderen Eisenerzen ohne Zuschläge eine geeignete Schlacke bilden und zu Roheisen verschmolzen werden können; es liegt auf der Hand, daß es ein zu erstrebender Betriebszustand sein muß, mit Erzen allein auskommen zu können. In der Regel sind jedoch Zuschläge zuzuführen, deren Art und Menge sich nur auf Grund einer Analyse (Eisenprobierkunst) bestimmen läßt. Hierbei genügt es im allgemeinen, außer dem Eisengehalte die flüchtigen Teile und im Rückstande die Menge an Kieselsäure, Kalk, Tonerde und Mangan zu kennen. Auch ist bei Hinzufügung der Zuschläge darauf zu achten, daß sie beim Schmelzpunkte des zu gewinnenden Roheisens eine flüssige Verbindung, die Schlacke, bilden.

An Arten der Zuschläge unterscheidet man:

a) Kalk- (und Magnesia-) Zuschläge, alsdann verwendet, wenn — wie dies sehr häufig vorkommt — die Erze zuviel Kieselsäure und Ton enthalten. Verwendet werden möglichst reine Kalksteine oder, wo man sie erlangen kann, solche mit Eisengehalt (z. B. Kalkminetten von 15% Fe), da hier gleichzeitig das Eisen gewonnen wird.

b) Tonerde- und Kieselsäure-Zuschläge. Ihre Anwendung macht sich bei Erzen notwendig, die allzureich an Kalk und Magnesia sind. Hier kommen in Frage Ton, Tonschiefer, Sandsteine, einzeln oder gemengt, besser und wirtschaftlicher jedoch an ihrer Stelle Schlacken oder Eisenerze, welche größere Mengen der notwendigen Zuschläge enthalten und somit deren Aufgabe übernehmen können.

c) Zuschläge, welche nur die Schlackenmenge vermehren, sind bei Erzen notwendig, die sehr reich an Eisen sind und demgemäß nur wenig Schlacken abgeben („dürrer Gang“ des Ofens). Hier könnte sonst infolge übermäßiger Wärmeaufnahme eine Schmelzung vor vollendeter Reduktion stattfinden und sich eine eisenoxydhaltige Schlacke bilden. Die notwendige Schlackenvermehrung erfolgt am besten durch erstarrte Hochofenschlacke aus demselben Betriebe.

d) Zuschläge, welche zur wesentlichen Änderung des Schlackenschmelzpunktes dienen. Abgesehen davon, daß Änderungen im Schmelzpunkte der Schlacke sich durch Abwägung der Kalk- und Magnesiamenge gegenüber dem Gehalte an Kieselsäure und Tonerde leicht erzielen lassen, kommen für eine wesentliche Erniedrigung des Schmelz-

punktes ohne Änderung des Kieselsäuregehaltes reine Zuschläge von Manganoxydul oder Manganerzen (seltener) in Frage.

e) Zuschläge, welche dem Eisen besondere Eigenschaften verleihen sollen. Hier handelt es sich namentlich um eine Erhöhung des Gehaltes des Roheisens an Silizium, Mangan und Phosphor und dementsprechend bemessene Zuschläge: Schlacken, Manganerze, Phosphate (bzw. Thomasschlacke). Ein höherer Siliziumgehalt wirkt auf die Bildung grauen bzw. dunkelgrauen Eisens ein; bei hohem Gehalte entsteht Ferrosilizium; hierbei ist eine Manganarmut der Erze Bedingung.

Mangan bewirkt in oxydiertem Zustande eine größere Flüssigkeit der Schlacke und veranlaßt in reduziertem Zustande die Aufnahme chemisch gebundenen Kohlenstoffes in das Roheisen, veranlaßt also die Bildung weißen Eisens, das bei hohem Mangangehalte in Spiegeleisen und Ferromangan übergeht. Verwendet werden hierbei die manganhaltigen Spateisensteine (Spaerosiderite), sowie Brauneisenstein (Pyrolusit, MnO_2, Mangansuperoxyd) und Hausmannit (Mn_3O_4, Manganoxyduloxyd), seltener Manganspate und Manganit[1]).

Phosphor geht bei der hohen Temperatur und unter Einwirkung der Kieselsäure vollkommen in das Roheisen über. Neben Apatit und Thomasschlacke findet die Phosphatkreide, ein aus Belgien und Frankreich stammender Kalkstein mit 5—7 % P und 50 % Ca zum Zwecke der Vermehrung des Phosphorgehaltes des Roheisens Verwendung.

Mit den gemöllerten Erzen und Zuschlägen wird schließlich der **Brennstoff** vereinigt und somit die „Beschickung" des Ofens geschaffen.

Wie bereits in der geschichtlichen Einleitung (§ 69) erwähnt wurde, fand früher ausschließlich Holzkohle als Brennstoff Verwendung; heute sind es nur noch wenige in holzreichen Gegenden liegende Hochöfen, die dieses Material benutzen, obwohl naturgemäß gerade Holzkohle wegen ihrer Reinheit, großen Gleichmäßigkeit, wegen des Fehlens von schädlichen Beimengungen ihre Vorzüge hat. An ihre Stelle ist fast ausschließlich, namentlich in Deutschland, der aus Steinkohlen erzeugte Koks getreten und zwar sind es meist „gute Kokskohlen" mit 91—85 % C oder Gaskohlen mit 85—82 % C, die heute zur Gewinnung des Hochofenkoks herangezogen werden. Wie gewaltig dieser Zweig der Eisen- und Kohlenindustrie ist, mag daraus ersehen werden, daß im Jahre 1905 nicht weniger als 16,4 Millionen Tonnen Koks für die Erzeugung von Eisen in Deutschland gebraucht wurden, d. h. etwa $^1/_6$ aller herausgeförderten Steinkohlen wurde in Hochofenkoks verwandelt.

Zum Zwecke des Verkokens wird die Steinkohle gewaschen, um sie von taubem Gestein zu befreien und sortiert; i. d. R. wird heute Feinkohle verkokt und zwar in einzelnen, wagerecht liegenden je rd. 6000 kg Kohle fassenden, von der Luft vollkommen abgeschlossenen Kammern aus feuerfesten Steinen, die, in einer Anzahl nebeneinander liegend durch zwischen sie eingefügte Heizkanäle von außen her beheizt werden. Als Heizmittel dienen nach ihrer Reinigung (zwecks Gewinnung von Teer, Ammoniak und Benzol) die beim Verkoken entstehenden Gase[2]); ihre Verbrennung in den Zügen erfolgt durch eingeleitete Luft. Mit Hilfe einer, von einer Stirnseite der Kammer aus eingeführten

[1]) Wie erheblich die Manganzuschläge sind, mag daraus hervorgehen, daß Deutschland jährlich mehr als 200 000 t Manganerze aus dem Auslande bezieht, obwohl sich solche auch hier finden (Lahntal, Thüringen).

[2]) Ein Teil der Gase wird heute, ähnlich wie Gichtgase, zum Betriebe von Kraftmaschinen verwendet.

Koksausdrückmaschine wird nach 24—28 Stunden Erhitzung der fertige Koks aus der anderen Stirnwand einer jeden Kammer herausgedrückt und durch sofortiges Bespritzen mit Wasser abgelöscht und zum Zerfallen in Stücke gebracht.

§ 72. Die Einteilung der Eisenarten und ihre Bezeichnung in der Technik.

Die Einteilung und Benennung der Eisenarten in der Technik wurde bereits im Jahre 1876 auf einem Kongresse in Philadelphia durch eine internationale Kommission festgesetzt. Hiernach werden 2 Hauptgruppen unterschieden[1]).

1. **das Roheisen,** 2. **das schmiedbare Eisen**[2]).

1. Roheisen[3]).

Unter dem Roheisen ist alles Eisen zu verstehen, welches unmittelbar aus dem Hochofenprozesse gewonnen ist. Es besitzt 2,3% oder mehr Kohlenstoff, schmilzt bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen (1075—1275°), ist nicht schmiedbar, jedoch

[1]) Vergl. u. a. Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, herausgegeb. vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf. V. Aufl. Düsseldorf 1903. VI. Aufl. 1907. Im Komm.-Verlag v. A. Bagel.

[2]) Über die verschiedenen üblichen Einteilungen und Namenbezeichnungen des Eisens vergl. im besonderen die Veröffentlichung von Otto Thallner in der Berg- und Hüttenmännischen Rundschau 1907, auch als Sonderabdruck — 1907 Kattowitz, Verlag Gebrüder Böhm — in der Sammlung Berg- und Hüttenmännischer Abhandlungen — Heft 7 — erschienen.

[3]) Thallner schlägt in seiner oben genannten Abhandlung die nachfolgend mitgeteilte, systematische Einteilung für Roheisen vor:

I. Roheisen.
  A. Nach der Textur. 1. graues Roheisen, 2. weißes Roheisen.
  B. Nach der chemischen Zusammensetzung und Textur.
    1. Graues Roheisen.
      a) Silizium-Roheisen, Roheisen in welchem ein höherer Siliziumgehalt und zwar mehr als 5% die Graphitausscheidung befördert.
      b) Siliziumreiches graues Roheisen. Schwarzeisen mit 3,5—5,0% Silizium.
      c) Tiefgraues Roheisen mit 2—3,5% Silizium.
      d) Gewöhnliches graues Roheisen mit 1,5—2% Silizium.
      e) Lichtgraues Roheisen mit 1—1,5% Silizium.
      f) Graues oder halbweißes Roheisen mit nicht mehr ausgesprochen grauem Bruchgefüge bei weniger als 1% Siliziumgehalt.
    2. Weißes Roheisen.
      a) Eisenmangan, auch Ferromangan genannt, mit mehr als 25% Mangangehalt.
      b) Hochmanganhaltiges Spiegeleisen mit 15—25% Mangan und Spiegeln im Bruchgefüge.
      c) Spiegeleisen: α) Grobspiegeleisen mit 5—15% Mangan und hochspiegeligem Gefüge, β) Kleinspiegeleisen mit 5—6% Mangan, im Bruchgefüge einen Übergang zu d) bildend, γ) Grauspiegeleisen, bei dem ein höherer Siliziumgehalt eine Graphitausscheidung hervorruft.
      d) Weißstrahliges Roheisen. Mangangehalt unter 5% mit der Abart: Hochstrahliges Roheisen, wenn die Textur sich dem Halbspiegeleisen nähert.
      e) Kerneisen, halbiertes Roheisen, mit teilweisen durch einen höheren Siliziumgehalt hervorgerufenen Graphitausscheidungen.
      f) Gewöhnliches Weißeisen, Matteisen, Treibeisen, Weißkerneisen, ein feinkörniges, weißes Material, ohne Graphitausscheidung mit geringerem Mangangehalte als 1% — ein Übergang zu 1 f.

spröde und leicht schmelzbar. Nach seiner Farbe unterscheidet man a) **graues** und b) **weißes Roheisen**. Bei der ersteren Art wird beim Erkalten ein mehr oder minder großer Teil des Kohlenstoffes als Graphit ausgeschieden, weshalb die Bruchfläche grau bis schwarz erscheint; bei dem weißen Roheisen bleibt hingegen der Kohlenstoff als Härtungskohle im Eisen gelöst und die Bruchfläche zeigt ein weißes Aussehen; graues Roheisen ist siliziumhaltig, weicher und zäher als das weiße Material, dabei leicht flüssig; weißes Roheisen — stets mit einem größeren oder geringeren Gehalte an Mangan — ist hingegen sehr hart und spröde und wegen seiner Zähflüssigkeit nicht zum Gießen verwendbar; es wird nur hergestellt zum Zwecke der Umwandlung in schmiedbares Eisen.

Graues Roheisen entsteht durch Aufnahme von Silizium, welches die Legierung von Eisen- und Kohlenstoff zerlegt, also die Graphitbildung hervorruft; enthält das Eisen kein Mangan, so genügen schon geringe Mengen Silizium, um es grau zu machen. Je mehr aber Mangan vorhanden ist, in desto höherem Grade wird auch die Wirkung des Silizium aufgehoben. Daneben ist auch die Zeitdauer der Abkühlung von größter Bedeutung, indem Roheisen bei raschem „Abschrecken" (Gießen in eiserne Formen) weiß, bei langsamem Abkühlen grau werden kann.

Mangan befördert die Bindung des Kohlenstoffes; es findet sich deshalb stets im weißen Roheisen.

Einen Übergang zwischen beiden Eisensorten bildet das halbierte (melierte) Roheisen; bei diesem tritt außer Graphit auch die weiße Grundmasse klar zutage.

Nach dem Bruchaussehen unterscheidet man ferner beim weißen Roheisen: mattes (nicht kristallinisches), strahliges und Spiegel-Roheisen[1]); beim Graueisen: feinkörniges helles, mit sehr kleinen Graphitblättchen ausgestattetes und grobkristallinisches, dunkelgraues Roheisen. Nach dem bei der Herstellung zur Verwendung gelangten Brennstoffe trennt man: (Holzhoklen-), Koks- und Steinkohlen-Roheisen, nach der späteren Verwendung: Gießerei-, Bessemer-, Thomas-, Puddel- usw. Roheisen.

Unter der Bezeichnung **Gußeisen** ist in der Regel ein **graues** — ausnahmsweise ein halbiertes — zur Herstellung von Eisengußwaren bestimmtes, durch Umschmelzen gereinigtes Roheisen zu verstehen; denn nur ein solches Material besitzt neben der erforderlichen Festigkeit die Eigenschaften leicht flüssig zu werden, beim Erstarren sich auszudehnen und somit die feinsten Vertiefungen der Form gut auszufüllen und infolge seiner Weichhheit sich bearbeiten zu lassen. Bei Baukonstruktionen, woselbst stets hohe Ansprüche an die Festigkeit des Eisens gestellt werden, darf für Verwendung zu Gießzwecken nur ein phosphorarmes Roheisen, Hämatit-Eisen, mit nicht über $^1/_{10}$% Phosphor zur Verwendung gelangen.

C. Nach der Gewinnungsart. 1. Koksroheisen, 2. Anthrazitroheisen, 3. Holzkohlenroheisen, je nach dem Betriebsmaterial der Hochöfen.

D. Nach dem Verwendungszwecke. 1. Gießereiroheisen, 2. Bessemerroheisen, 3. Thomasroheisen, 4. Martinroheisen (Abart Rückkohleisen), 5. Puddelroheisen, 6. Frischfeuereisen. Daneben werden noch Sonderroheisen, d. h. solche Arten aufgeführt, welche von besonderer Beschaffenheit sind oder zu Sonderzwecken dienen — Nickelroheisen, Kobaltroheisen usf.

Vergl. hierzu auch die vom Deutschen Roheisen-Syndikat in Düsseldorf aufgestellten Normen für Roheisensorten. (Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, VI. Aufl. 1907, S. 49.)

[1]) Das sich beim Spiegeleisen zeigende strahlige Gefüge wird durch Mangan begünstigt. Mit zunehmendem Gehalt hieran geht Spiegeleisen in Eisenmangan über, das 6—7,5% gebundenen Kohlenstoff und große Mengen Mangan (> 25%) aufweist.

2. Schmiedbares Eisen [1]).

Bei der zweiten Art, **dem schmiedbaren Eisen**, mit 1,6% und weniger Kohlenstoffgehalt, sind als voneinander scharf zu trennende Arten zu nennen: a) **Schmiedeeisen**, b) **Stahl**.

Die früher übliche Unterscheidung von Stahl- und Schmiedeeisen nach dem Gehalte an Kohlenstoff (1,6—0,4 bzw. weniger als 0,4%) ist heute nicht mehr aufrecht zu erhalten, da es Eisensorten mit einem beträchtlichen Gehalte an Mangan, Silizium, Wolfram, Chrom und sehr geringem Kohlenstoffgehalte gibt, welche etwas härtbar sind.

Schmiedeeisen ist schmiedbar, schweißbar, schmelzbar (bei 1500° und höher), aber nicht merklich härtbar; Stahl hingegen gestattet eine sehr bedeutende Vergrößerung seiner Härte, dadurch bedingt, daß dies mit mäßigem Kohlenstoffgehalte ausgerüstete

---

[1]) Thallner teilt in der in Anm. 2 S. 415 bereits erwähnten Abhandlung das schmiedbare Eisen ein in:

A. Flußstahl, Flußeisen.
B. Schweißstahl, Schweißeisen.

Im einzelnen wird hier weiter unterschieden:

I. Nach den Hüttenmännischen Prozessen

bei A. Flußstahl, Flußeisen:

1. Tiegelstahl, Tiegeleisen (Miltisguß).
2. Bessemer- { stahl, eisen.
3. Thomas- { stahl, eisen.
4. saurer / basischer { Martinstahl;
   saures / basisches { Martineisen.
5. Elektro- { stahl eisen.

Genau genommen wäre hier überall — wie auch Thallner erwähnt — die Silbe „Fluß" noch einzuschalten, um zu betonen, daß es sich um in schmelzflüssigem Zustande gewonnene Eisenmaterialien handelt.

bei B Schweißeisen, Schweißstahl.

Abgesehen von einigen, nur geschichtliche Bedeutung besitzenden Eisenarten:

1. Frischfeuereisen und -Stahl.
2. Flammofenfrischeisen und -Stahl (Puddeleisen und -Stahl).

II. Nach chemischer Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften:

a) Das reine Kohleneisen, hierunter alles Flußmaterial einbegreifend, in welchem der Hauptträger aller physikalischen Eigenschaften neben dem Eisen der Kohlenstoff ist.

Unterabteilungen: α) Flußstahl; β) Flußeisen, je nachdem der Kohlenstoff in solchen Mengen vorhanden ist, daß eine merkliche Härtbarkeit sich zeigt oder nicht. Als letztere wird die Veränderlichkeit der physikalischen Eigenschaften, insbesondere der Härte als Folge der raschen Abkühlung — und zwar von mindestens 900 und höchstens 950° auf 20° C — bezeichnet.

b) Mangan-Kohleneisen, unter Einführung einer praktischen Grenze von 0,6% Mangangehalt, bei deren Erreichung oder Überschreitung an Stelle von a) die durch anderes physikalisches Verhalten bedingte Bezeichnung b) zu treten hätte.

(In gleicher Weise hier einen Siliziumgehalt — wie die Beimengung von Mangan — zur Schaffung einer weiteren Einzelgruppe zugrunde zu legen, liegt kein praktisches Bedürfnis vor, da selbst eine erhebliche Siliziummenge bei Abwesenheit von Mangan meist keinen maßgebenden Einfluß ausübt, und zudem derartige Stahlsorten sich in der Praxis so gut wie gar nicht finden.)

c) Legiertes Kohleneisen—Nickelflußstahl (Nickelflußeisen) — Chromstahl, Wolframstahl usf. unter sich nach dem Prozentgehalte der Legierungsstoffe zu bezeichnen.

Eisen durch die plötzliche Abkühlung schnell über die Temperatur hinweggebracht wird, in welcher bei allmählichem Abkühlen die Bildung von Eisenkarbid stattfindet; der gesamte Kohlenstoff wird gezwungen in der Legierung zu verharren und so eine Wirkung hervorzurufen, die ihm den Namen „Härtungskohle" verschafft hat. Wird gehärteter Stahl wieder erwärmt, so wandelt sich die Härtungskohle in Eisenkarbid um und die Härte verschwindet, je nach der Höhe der nachträglichen Erwärmung. Die Schmelztemperatnr des Stahles liegt auf 1400—1500°. Da die Grenze bei welcher eine merkliche Härtbarkeit des Eisens eintritt, schwer allgemein festzulegen ist, so wird für die Unterscheidung von Schmiedeisen und Stahl in der Technik die Zugfestigkeit des Materials zugrunde gelegt und in der Regel ein Eisen, dessen Zugfestigkeit $\geqq 45$ kg/qmm ist, mit dem Namen Stahl, ein Material das geringere Zugfestigkeit besitzt, mit dem Namen Schmiedeeisen bezeichnet.

Der deutsche Verband für die Material-Prüfungen der Technik hat in neuester Zeit — vgl. Nr. 28, Heft VI seiner Veröffentlichungen — vorgeschlagen, daß das schmiedbare Eisen in: Flußeisen, Flußstahl Schweißeisen, Schweißstahl unterschieden werden soll, und daß für die Trennung von Eisen und Stahl die Zugfestigkeit des ausgeglühten Metalles als maßgebend zu erachten sei: und zwar soll Flußstahl ein Metall mit mehr als 50 kg/qmm, Schweißstahl ein Metall mit mehr als 42 kg/qmm Zugfestigkeit sein.

Nach der Art der Gewinnung und dem Zustande, in dem sich das schmiedbare Eisen am Ende des Darstellungsprozesses befindet, erhält man die Unterabteilungen: a) beim **Schmiedeeisen:** α) **Schweißeisen,** und β) **Flußeisen**[1]), b) beim **Stahl:** α) **Schweißstahl** und β) **Flußstahl.** Es ist zu verstehen unter:

a) α) Schweißeisen: das in **teigigem** Zustande früher durch den Herd frisch-, jetzt in der Regel durch den Puddelprozeß hergestellte, sehnige, schmied- und schweißbare, aber nicht merklich härtbare Eisen und

a) β) unter **Flußeisen**[2]), das in flüssigem Zustande hergestellte schmiedbare, aber nicht merklich härtbare Eisen.

Je nach dem Herstellungsverfahren unterscheidet man: Bessemer-, Thomas- und Martin-Flußeisen.

Das Bessemer-Verfahren — auch „saures Verfahren" genannt — beruht, wie weiter unten genauer ausgeführt wird, darauf, daß die sogenannte Bessemer Birne, deren Inneres eine kieselsäurereiche — saure — Ausfütterung erhalten hat, mit siliziumreichem (2%) Roheisen, welches entweder unmittelbar dem Hochofen entnommen oder vorher in Kupolöfen umgeschmolzen wurde, gefüllt und durch dieses — in flüssigem Zustande — ein Strom atmosphärischer Luft gepreßt wird. Hierdurch findet eine Entkohlung des Roheisens bis zu einem bestimmten Grade statt.

Bei dem basischen oder Thomas-Verfahren wird durch Verwendung eines phosphorhaltigen, siliziumarmen Roheisens und Anwendung einer basischen Ausfütterung der Birne das Roheisen entkohlt und der Phosphor ausgeschieden.

Bei beiden Herstellungsarten wird das Eisen in der Regel vollkommen entkohlt und ein bestimmter Kohlenstoffgehalt durch nachträgliche Hinzufügung von Kohlenstoff, meist in Form von reinem Roheisen — Rückkohlen — erzielt; als Zusatz verwendet

---

[1]) Die vielfach noch heute in Lehrbüchern sich findende Gegenüberstellung von Schmiedeeisen und Flußeisen ist also unrichtig.

[2]) In der Praxis des Eisenhüttenwesens des Auslandes wird dies Material vielfach noch als Stahl bezeichnet — acier doux, low steel oder mild steel, während seine wissenschaftlichen Namen im Auslande „fer fondu" und „ingot iron" sind.

man beim Bessemerprozesse meist Spiegeleisen, bei sehr weichen Eisensorten Eisenmangan, während beim Thomasmetall Spiegeleisen oder fester Kohlenstoff (in Form von Pulver oder Ziegeln)[1]) Anwendung findet.

Im Gegensatze zu den beiden vorgenannten Verfahren wird Martin-Flußeisen auf dem Herde eines mit **Siemens scher Regenerativ-Gasfeuerung** versehenen Flammofens hergestellt, und zwar durch ein Zusammenschmelzen von flüssigem Roheisen und Schmiedeeisen, wobei meist Abfälle von der Flußeisenverarbeitung Verwendung finden. Es wird also hier ein kohlenstoffärmeres Material in einem kohlenstoffreicheren gelöst; zu gleicher Zeit verbrennt infolge Berührung der Feuergase mit dem Eisen eine nicht unbeträchtliche Menge von Kohlenstoff. Je nachdem der Ofen mit basischen (Dolomit- oder Magnesitsteinen) oder kieselsäurereichen (quarzigen) Stoffen ausgefüttert ist, erhält man **basisches oder saures Martinflußeisen.** Auch hier wird der Prozeß für gewöhnlich soweit geführt, daß man ein ganz kohlenstoffarmes Flußeisen erzielt, welches alsdann durch Zusetzen von Spiegeleisen oder Eisenmangan mehr oder weniger zurückgekohlt wird.

In gleicher Weise wie bei dem Schmiedeeisen wurden oben bei der zweiten Gruppe „b" dem **Stahl,** bereits unterschieden: α) **Schweißstahl und** β) **Flußstahl.**

b) α) **Schweißstahl** ist das in **teigigem,** b) β) Flußstahl das in flüssigem Zustande hergestellte, schmiedbare, schweißbare und auch merklich härtbare Schweiß- bzw. Fluß-Material. Da sich Schmiedeeisen und Stahl vorwiegend durch ihren Gehalt an Kohlenstoff unterscheiden, so darf man bei der Schweißstahlerzeugung beim Puddelprozeß die Entkohlung nicht zu weit treiben, während bei Flußstahl größere Mengen an Kohlenstoff auf den vorstehend kurz angegebenen Wegen nachträglich zugeführt werden müssen.

Bei dem **Flußstahl** tritt als neues Herstellungsverfahren das **Tiegelverfahren** hinzu, welches entweder in einem Umschmelzen des Rohstahles oder in einem Zusammenschmelzen von Roh- und Schmiedeeisen in besonderen Tiegeln besteht, und den besten, wenn auch kostspieligsten Stahl liefert.

Zur Erhöhung der Härte setzt man dem Tiegelstahl häufig Wolfram, Nickel, Chrom, Molybdän, Vanadium usw. zu und spricht dann von derartigen Spezialstählen. Solche werden in neuerer Zeit auch dadurch gewonnen, daß die durch den elektrischen Strom erzeugte Wärme zur Schmelzung von Eisen und zur Legierung desselben mit den vorgenannten und ähnlichen Stoffen benützt wird.

Nach dem zur Herstellung von **Gußwaren** verwendeten Material unterscheidet man:

a) **Roheisenguß-Gegenstände** aus grauem oder — seltener — halbiertem Roheisen hergestellt. Ist die Oberfläche solcher Gußstücke durch Eingießen in metallene Formen sehr hart geworden, so spricht man von „Hartguß". Es bildet sich hiebei eine harte Schale von weißem Eisen, während das Gußstück im Innern grau, weich und zähe verbleibt.

Diese Herstellung gründet sich auf das eigentümliche Verhalten geeignet zusammengesetzten Roheisens, bei langsamer Abkühlung grau, bei schneller weiß zu werden, vgl. S. 416.

Der Umwandlung ihrer Form nach bereits fertiger Gußstücke aus weißem Roheisen und etwas Schmiedeeisen gemischt, in weiche, zähe, schmiedbare Gegenstände dient das „**Tempern**", ein Verfahren, welches auf der nachträglichen Oxydation des im Gußstücke enthaltenen Kohlenstoffes beruht, sich aber nur bis zu Eisenstärken von 25 mm anwenden läßt, vgl. § 81.

b) **Flußeisengußwaren,** d. h. die aus Flußeisen in fertiger Form durch Guß hergestellten Gebrauchsgegenstände.

[1]) „Kohlenziegel" bestehen aus gemahlenem Koks mit Kalk gebunden.

c) **Stahlgußwaren** — wie unter b) nur aus Flußstahl (vielfach Tiegelflußstahl) gewonnen.

In vielen Ländern sind die obigen, in Deutschland allgemein gültigen Unterscheidungen, besonders in der baulichen Praxis, nicht üblich, namentlich hat es sich in England, Amerika und Frankreich (vgl. Anm. 2 S. 418) eingebürgert, alles in flüssigem Zustande erzeugte schmiedbare Material, ob härtbar oder nicht, als Stahl zu bezeichnen.

Kapitel XXIV.

Das Roheisen.

§ 73. Der Hochofen und sein Betrieb.

Im Hochofen werden durch den, in § 74 genauer behandelten Reduktionsprozeß die mit Zuschlagsstoffen und Brennmaterial (vergl. § 72) gemengten — gemöllerten — Eisenerze verhüttet, d. h. in metallisches Roheisen, und zwar in flüssiger Form, übergeführt.

Die hierzu notwendige Temperatur wird durch stark erhitzte Luft erzeugt, die in den, weiter unten besprochenen Winderhitzern gewonnen wird.

Die allgemeine Anlage eines Hochofenwerkes schließt in sich: Gleisanlagen und Transportvorrichtungen zur Bewegung von Erzen, Zuschlags- und Brennstoffen, von Schlacken und vom Roheisen, i. d. R. mehrere Hochöfen nebst den zu ihnen gehörenden Winderhitzern und den sie umgebenden eisernen Gichtgerüsten, sowie die zu den oberen Arbeitsbühnen führenden Aufzugsvorrichtungen. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Hochöfen günstig zu den anderen Betrieben des Eisenwerkes, namentlich den Mischern, dem Stahl- bzw. Puddelwerke und dem Walzwerke liegen. In der Regel sind mehrere Öfen in einer Achse und in gegenseitigem Abstande von 40—100 m angeordnet und durch Transportbrücken in Höhe der Gichtbühnen miteinander verbunden; hierdurch wird ermöglicht, daß falls der Aufzug zu einem der Öfen nicht benutzbar sein sollte, der Transport der Beschickung von einem andern Aufzuge übernommen und über die Verbindungsbrücke hinweggeleitet werden kann. Die Höhenlage der Fundamentoberkante (1,5—4,5 m über Gelände[1]) richtet sich danach, daß vom Hochofen aus Schlacken und Roheisen unmittelbar in Transportwagen gelangen können.

Der Hochofen selbst besteht — vgl. Abb. 1 — aus zwei abgestumpften, mit ihren größten Flächen aufeinander sitzenden Kegeln, deren unterer i. d. R. in einen nicht allzu hohen Zylinder übergeht[1]). Von unten nach oben zu werden die folgenden Teile unterschieden:

[1]) Im allgemeinen zeigen die Längsschnitte der Hochöfen der einzelnen deutschen Werke erheblich verschiedene Formen. Mittelwerte örtlicher Abmessungen enthält die folgende Zusammenstellung:

	Gesamthöhe m	Kohlensack Φ	Rasthöhe m	Gestellhöhe m	Inhalt cbm	Leistung t
Rheinland	25,7	6,75	5,2	2,1	620	250
Ober-Schlesien	20,0	6,5	5,6	2,1	460	140
Siegerland	17,7	7,0	4,0	2,5	420	200

1. Das Fundament des Ofens, mit seinem mittleren Teile dem Bodenstein, zur Stützung des untersten Ofenteils dienend.

2. Der Zylinder von 2—4 m Durchmesser und rd. 2—3,0 m Höhe, „Gestell". Hier münden etwa 2,5 m über der Sohle die Windzuführungen, „die Formen" ein; hier sammeln sich die flüssigen Erzeugnisse, Eisen und Schlacken, um durch Abflußöffnungen bzw. das Stichloch zu entweichen. Die wagerechte Ebene, in der die Mittellinien der Gebläsezuführungen liegen, heißt die „Formenebene".

3. Die Rast von meist 4—6 (auch 8) m Höhe.

4. Der Schacht, abgeschlossen durch die Gicht, von etwa $^3/_5$ der Gesamthöhe und einer Verjüngung nach oben zu um $^1/_8$ bis $^3/_8$, (bezogen auf den Durchmesser) bzw. mit einem Neigungswinkel zur Wagerechten von 70—78°. Der größte Durchmesser, in dem also beide Kegel zusammentreffen, führt den Namen „Kohlensack". Nicht selten wird hier ein kurzes Zylinderstück von etwa 1,00 m Höhe eingefügt; besonders lange zylindrische Räume sind nur bei schwer reduzierbaren Eisenerzen — also z. B. Magneteisensteinen — erforderlich, um diese längere Zeit der chemischen Einwirkung der Hochofengase auszusetzen.

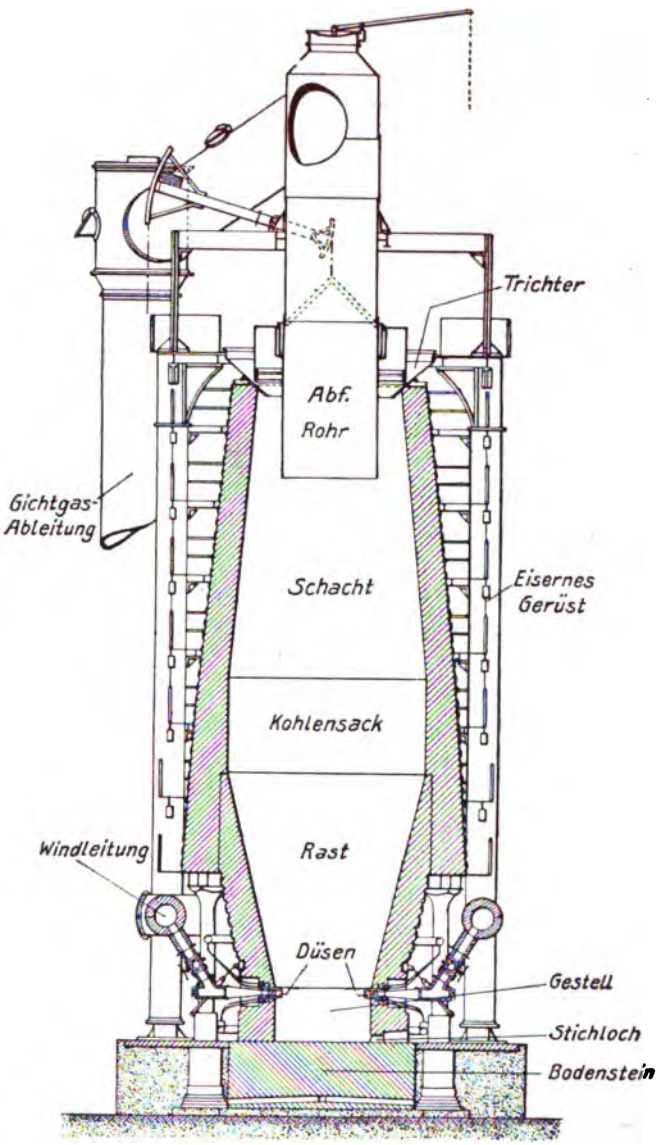


Abb. 1.
Längsschnitt durch einen Hochofen.

5. Die Gicht, das ist der oberste Teil des Hochofens mit den Vorrichtungen einerseits zur regelmäßigen „Beschickung" des Ofens, andererseits zur Abführung der wertvollen und heute vollkommen ausgenutzten Gichtgase. In z. T. stützender Verbindung hiermit stehen das den Hochofen umgebende Gichtgerüst, und die hieran angeschlossenen Fördervorrichtungen zum Hochheben und Entleeren der Gefäße zur Ofenbeschickung.

Die Leistung eines mittleren Ofens in 24 Stunden beträgt etwa 200—300 t Roheisen; jedoch kommen auch Öfen mit einer Erzeugung von 500 t vor. Im allgemeinen ist diese Leistung neben der zweckmäßigen Anordnung des Ofens und seinem ungestörten Betriebe abhängig von der Beschaffenheit der Erze und der von dieser wieder be-

dingten Roheisenart; in dieser Hinsicht kann man damit rechnen, daß 100 t Weißeisen etwa 80 t Graueisen und 70 t Spiegeleisen entsprechen.

Von baulichen Einzelheiten des Hochofens sei erwähnt, daß der Bodenstein bei kleineren Hochöfen (bis 60 t Tagesleistung) etwa 1,00 m, bei größeren Anlagen bis zu 2,5 m Stärke zeigt, daß der Gestellraum meist mit 1,00—1,20 m starken Mauern, die anschließende Rast und der Schacht mit 0,4—0,8 m starken Wandungen ausgeführt sind. Der obere Ofenteil, der eigentliche Schacht, ist zur Entlastung des Unterbaues für sich allein auf das Fundament abgestützt und zwar vermittelst von 6—8, z. Z. meist flußeisernen Säulen, die einen kräftigen Ringträger stützen. Aus dem gleichen Grunde findet — wenn auch z. Z. noch selten — eine Anhängung der Rast an diese Säulen mit Hilfe eines äußeren kräftigen Blechmantels statt, wodurch das Gestell auch vom Rastgewichte befreit wird.

Das Baumaterial des Bodens wird durch beste, druckfeste Schamottesteine oder durch Kohlensteine[1]) gebildet, deren übermäßig starke Erhitzung durch, im Bodenstein liegende Luftkanäle verhindert wird. Zum Aufbau des Gestelles und der Schachtteile werden i. d. R. nur Schamottesteine besserer Art herangezogen, die auch hier — allein schon im Hinblicke auf die gewaltigen Eigengewichte des Ofens — sehr druckfest sein müssen. Ihre Abmessungen sind meist: H = 150—200 mm, L = 800 mm, oder H = 75—100 mm, L = 200—300 mm. Da die größeren leicht „verzogen" sind, auch die kleineren i. d. R. besser durchgebrannt sind, gebührt letzteren im allgemeinen der Vorzug, wenn sie auch ein wenig leichter bröckeln.

Nach der Güte werden vielfach solche mit 35—40% Al_2O_3 und einer Schmelztemperatur bei Segerkegel 31—34 (I) und solche mit 30—32% Tonerde und Segerkegel 27 (II) unterschieden. Oft werden die besseren Steine nur in den tiefer gelegenen Schichten verwendet.

In neuerer Zeit sind auch Schächte vorwiegend aus Eisen und nur mit einer inneren Schamotteverkleidung ausgeführt worden — eine Anordnung, die namentlich wegen der Einfachheit der Kühlung von außen her durch dauernde Berieselung von Vorteil ist.

Zum Zusammenhalten des Schacht- usw. Mauerwerkes wird der Ofen durch kräftige äußere, nahe aneinander liegende Flußeisenringe gefaßt[2]). Zudem findet eine Kühlung des Mauerwerkes durch in ihm liegende hohle Kästen und diese immerfort durchströmendes kaltes Wasser[3]) statt und zwar stets beim Gestell, als dem am meisten durch hohe Hitzegrade beanspruchten Ofenteile, häufig bei der Rast, seltener beim Schacht; hier genügt meist eine Kühlung durch die Luft.

---

[1]) Kohlensteine sind sehr dauerhafte, in recht großen Abmessungen aus aschearmem, hartem Koks hergestellte Kunststeine; nach Vermahlung wird der Koks mit 15—25% heißem Teer in angewärmten Mischmaschinen vereinigt und unter hohem Drucke in Holzformen gepreßt. Die Steine werden schließlich in Schamottekästen in Kohlenpulver eingepackt und unter vollkommenem Luftabschlusse gebrannt; sie sind sehr hart, klingen hell, haben weniger als 15 v. H. Asche und ein Raumgewicht von 1,3; naturgemäß dürfen sie niemals mit dem Gebläsewind in Berührung kommen, weil sie sonst verbrennen müßten. Dies ist deshalb nicht zu befürchten, weil über den Kohlensteinen stets das flüssige Roheisen steht. Meist wird nur der obere Teil des „Bodensteines" aus Kohlensteinen, der andere Teil in Schamotte hergestellt.

[2]) Früher wurde zum Wärmeschutz des Hochofens um diesen herum ein starker Steinmantel gebaut. Diese Anordnung ist heute als unkonstruktiv mit Recht verlassen.

[3]) Ein neuzeitlicher Hochofen braucht rund 2 cbm Kühlwasser in der Minute, das ist ebensoviel Wasser wie es die Bevölkerung einer Stadt von 25000 Einwohnern erfordert; vgl. Gemeinfaßl. Darstellung des Eisenhüttenwesens. 6. Aufl. S. 35.

Der Zuführung der heißen Brennluft dienen, wie oben erwähnt, die „Windformen", von 100—150 mm lichter Weite bei kleinen, von 150—200 mm bei großen Hochöfen. Ihre Anzahl — naturgemäß den besonderen Betriebsverhältnissen angepaßt, beträgt 4—12; im allgemeinen rechnet man auf je 1 m Ofenumfang eine Windeinmündung. Gleich den, etwa 1 m über dem Abstichloch liegenden Schlackenformen (1—3 Stück) sind auch die Windformen aus Bronze oder Kupfer und zum Zwecke der Kühlung mit Doppelwandung ausgeführt; in die Formen ragen Düsen hinein, die den Wind vermittelst des „Düsenstockes" aus der ringförmig, den Ofen umgebenden Windzuleitung erhalten (vgl. Abb. 1).

Der obere Abschluß des Ofens, die „Gicht", dient neben der Beschickung, wie vorerwähnt, zum Abfangen der Gichtgase. Hierfür verwendet man noch heute fast allgemein ein zentrisch gelegenes, senkrecht stehendes, fest und möglichst dicht[1]) an den oberen Ofenraum angeschlossenes, weiterhin in die Gichtleitung übergehendes Rohr[2]); um dieses herum findet mit Hilfe eines besonderen, leicht lösbaren Verschlusses die Beschickung des Ofens statt, und zwar dient hierzu meist entweder ein, an einen Trichter anschließender Kegelverschluß, der schnell geöffnet und geschlossen werden kann, oder ein Glockenapparat mit Wasserverschluß, nicht selten auch eine Vereinigung beider. Jedenfalls streben alle diese Beschickungsvorrichtungen dahin, daß höchstens in dem Augenblicke, in dem das Beschickungsgut durch einen engen ringförmigen Spalt in den Ofen stürzt, Gas zu entweichen vermag; soll dies vollkommen ausgeschlossen sein, so sind Doppelverschlüsse vorhanden, welche die Zuführung der Beschickung in zwei Abschnitten bewirken, einerseits in einen gegen den Ofenraum abgeschlossenen oberen Teil, andererseits — nach Öffnung von dessen Boden und Schließen der ersten Einfüllöffnung — in den Ofen selbst. In neuester Zeit ist eine vollkommen selbsttätige Beschickung der Öfen beliebt, sowohl um an Arbeiterzahl zu sparen, als auch vor allem um die Arbeitskräfte von den immerhin gefahrdrohenden Gichtbühnen möglichst zurückzuziehen.

Das um den Ofen herum gebaute Gichtgerüst wird meist als räumliches Fachwerk mit 4 Eckständern ausgeführt. Je nach der Höhe des Ofens ist es durch wagerechte, in der Außenebene liegende Riegel in 6—9 Stockwerke von 2,5—3,5 m Abstand geteilt; die Zugänglichkeit der oben von den Gerüsten gestützten Arbeits- (Gicht-) Bühne findet durch Außentreppen statt.

An den Hochofen schließen sich vielfach Gießhallen an, die für alle Öfen gemeinsam in einem der Achse parallel geführten, langgestreckten Bau vereinigt oder für jeden Ofen getrennt angelegt sein können; im allgemeinen ist das letztere wegen bequemerer Gleisanlage und deren besseren Ausnutzung empfehlenswerter.

Die **Gebläseluft,** welche mit etwa 12—14 m″ durch den Ofen hindurchgepreßt wird und die Verbrennung des Koks, sowie hierdurch mittelbar das Schmelzen des Eisens und der Schlacke zu bewirken hat, wird in besonderen Winderhitzern erzeugt, die heute fast nur aus Stein gebaut werden und die Form stehender, hoher, mit einem äußeren Blechmantel verkleideter Zylinder von 7—8 m Durchmesser zeigen und angenähert die Höhe des Hochofens besitzen[3]). Sie werden zunächst mit Gebläseluft geheizt;

[1]) Heute ist die Gicht stets fest abgeschlossen, während früher die Hochöfen oben offen waren und die Gichtgase unter Entwickelung starker Flammen ins Freie entwichen; wegen der Ausnutzung der Gichtgase vergl. den folgenden §.

[2]) In neuerer Zeit werden auch die Gase durch, in den oberen Teil des Ofens seitlich einmündende Leitungen abgesogen.

[3]) In Deutschland sind vorwiegend Cowpersche Winderhitzer in Gebrauch, deren Beheizung auf einem ähnlichen Grundsatze wie die Siemenssche Regenerativfeuerung beruht.

nach ausreichender Erhitzung wird atmosphärische Luft angesogen und durch die Wärmeabgabe der Wandungen der vielen, im Winderhitzer eingebauten Parallelkanäle selbst sehr stark erwärmt, um von hier aus unmittelbar durch eine, mit feuerfesten Steinen ausgekleidete, eiserne Leitung in den Ofen gepreßt zu werden. Meist sind des sicheren Betriebes halber 3—4 Winderhitzer zu einer „Batterie" vereinigt; von ihnen ist einer im Betriebe, während der andere geheizt wird und die verbleibenden zur Reserve dienen, um somit einen Dauerbetrieb zu sichern.

Wieviel Luft zum Betriebe eines normalgroßen Hochofens erforderlich ist, wird in der „Gemeinfaßlichen Darstellung des Eisenhüttenwesens", 6. Aufl., auf Seite 29 berechnet. Demnach verlangt 1 t Eisen 3200 cbm Luft, ein Ofen mit 300 t Tagesleistung mithin 960000 cbm Luft. Das Einpressen der Luft erfolgt heute noch vielfach durch mit Dampf angetriebene, doppelt wirkende Luftpumpen; in Zukunft dürfte aber wohl die Antriebskraft nur durch mit den Gichtgasen betriebene Gasmotoren oder durch Turbinengebläse (Turbogebläse) erfolgen.

Die Temperatur des heißen Windes beträgt beim Eintritte in den Hochofen in der Regel 700—800° C und kühlt sich beim Austritte meist bis auf 100° C ab; letztere Grenze ist, wie im folgenden Paragraphen besprochen wird, im Hinblicke auf die Fortführung des Wassers aus der Beschickung nicht zu unterschreiten.

Der Beschickungsbetrieb des Hochofens findet durch abschnittsweise Zuführung d. h. der „Gicht", der Möllerung und der Brennstoffe statt, wobei erstere im Gewichte bis zu 15 t auf die letztere — 3 bis 7 t — folgt. Die Beschickung erfolgt in halbstündigen Pausen und zwar in der Art, daß im oberen Teile des Ofens sich in gleichmäßiger Verteilung wagerechte Schichten ausbilden. Mit dem Herabgehen der einzelnen Beschickung im Ofen kann sich jedoch diese Lage ändern, indem einerseits die Reibung an den Wandungen des Hochofens auf die hier liegenden Gichtteile einen zurückhaltenden Einfluß ausübt, andererseits beim Herabschmelzen der Erze, Zusatzstoffe und durch Verbrennen des Koks die schweren Stücke, namentlich Erze, das Bestreben haben, sich nach der Mitte zu schieben. Hierdurch würde eine konkave Form der Oberfläche einer jeden Gicht eintreten können, verbunden mit einer nicht erwünschten Anreicherung der Brennstoffe nahe der Wand, der Erze in der Ofenmitte, wenn man nicht diesen Verhältnissen durch eine ihnen entgegenwirkende Beschickung Rechnung trägt; diese wird demgemäß so eingerichtet, daß auch nach den angedeuteten Verschiebungen eine möglichst gleichmäßige Verteilung von Brennstoff und Möllerung verbleibt.

Die „Durchsetzung" einer Beschickung, d. h. ihr Durchgang durch den Ofen, verbunden mit den später zu behandelnden chemischen Veränderungen, in letzter Linie der Erzeugung von Roheisen, dauert 12—24 Stunden.

Unterstützt wird in sehr erheblicher Weise die gleichmäßige Beschickung des Ofens durch die heute zum Teil vollkommen selbsttätig arbeitenden **Gichtaufzüge.** Während diese sich früher meistens, heute nur noch bei beschränktem Platze, senkrecht bewegten und fahrstuhlähnlich konstruiert waren, sind sie heute fast ausschließlich schräg angeordnet; sie machen jede Handarbeit auf der Gichtbühne überflüssig, indem die aus dem, am Fuße des Hochofens gelegenen „Füllrumpfe" beladenen Fördergefäße (Kippkübel, Hängewagen, Kübel mit aufklappendem Boden usw.) durch ein Windewerk selbsttätig auf der festen und steifen, schrägen Bahn gehoben, mit großer Gleichmäßigkeit und bei geringer Fallhöhe ebenso selbsttätig in den Falltrichter entleert bezw. gekippt und alsdann zurückgeführt werden.

Der normale Gang des Hochofens wird dauernd durch Prüfung der ab-

fließenden Schlacke und des Roheisens, bei letzterem unter Zuhilfenahme chemischer Analysen und Abschreckproben überwacht.

Da Eisen und Schlacke in der Regel überhitzt sind, so sind sie sehr dünnflüssig. Die stets auf dem Eisen schwimmende Schlackenschicht, welche dieses somit vor einer Oxydation durch den Gebläsewind schützt, fließt, sobald sie die „Schlackenform" erreicht hat, ununterbrochen ab. Das Abstechen des Ofens erfolgt alle 3—6 Stunden. Hierbei wird das meist vorübergehend mit Steinbrocken und Ton — u. U. auch durch eine besondere maschinelle Vorrichtung — geschlossen gehaltene Stichloch mit einer eisernen Stange (bzw. maschinell) geöffnet. Das in dünnem Strahl herausfließende Eisen wird entweder in eisernen, feuerfest ausgefütterten Kübeln oder Eisenschalen[1]) aufgefangen oder — für gewöhnlich — nach flachen Gräben geleitet, welche in das etwas Gefälle besitzende Gelände unmittelbar am Hochofen eingeschnitten sind; von hier verteilt sich das Eisen in lauter kleine, kurze Querkanäle, in die zwecks späteren leichten Zerschlagens der erstarrten Eisenbarren, „der Masseln", einzelne, den Querschnitt der letzteren schwächende Erhöhungen aus Sand eingebaut sind.

Die Lebensdauer eines Hochofens dauert etwa 4—6, selten 10 Jahre; alsdann ist er meist so stark mitgenommen, daß er ausgeblasen und einer eingehenden Erneuerung unterzogen werden muß[2]).

Betriebsstörungen im normalen Betriebe können dadurch hervorgerufen werden, daß

a) ein Teil der Eisenverbindungen bei nicht genügend heißem Winde in die Schlacke geht; man nennt das einen „Rohgang" des Ofens im Gegensatze zum „Gargange". Ein Rohgang tritt bei einem großen Hochofen seltener ein als bei einem kleinen, da im ersten Falle der Ofen selbst große Wärmemengen enthält; zur Beseitigung der Störung reicht meist eine Erhöhung der Windtemperatur hin.

b) Es kann die Gicht „hängen bleiben", d. h. es bildet sich ein Gewölbe aus der Beschickungsmasse, das die auf ihr lastenden Gichten unter Bildung eines Luftraumes im Innern zurückhält. Der Grund kann in einem zu wenig widerstandsfähigen Koks oder in feinen, „mulmigen" Erzen liegen. Die Betriebsstörung, die sehr unangenehme Folgen (Explosionen) haben kann, ist nicht immer leicht zu beseitigen (Aufbrechen des Ofens), kann aber in günstigen Fällen durch Abstellen des Windes, d. h. durch Aufhören des Druckes von unten her auf das Gewölbe und seinen nachfolgenden Einsturz behoben werden.

c) Das erblasene Eisen hat eine anormale Zusammensetzung; namentlich kommt hier ein allzu großer Gehalt an Silizium in Frage; als Gegenmittel ist die Veränderung der Zusammensetzung der „Gicht" wirksam, vorwiegend eine Verringerung der Koksschicht.

d) Es treten im Ofen „Versetzungen" auf, d. h. der Gebläsewind kann die Gichten nicht ausreichend durchdringen; der Grund ist ein ähnlicher wie bei b; meist sind es „mulmige" Erze oder zu weicher Brennstoff, der ein Zusammenbacken der Gicht veranlaßt; auch hier wird in vielen Fällen nur ein Lockern der Schicht nach Aufbrechen des Ofens die Störung zu beseitigen vermögen.

---

[1]) Dieselben sind zu kalken, damit kein Anbacken des Eisens stattfindet; als Vorteil des Erstarrens des Eisens in Schalen ist seine geringe Verunreinigung anzusehen; jedoch ist das Verfahren naturgemäß nicht unerheblich teurer.

[2]) Beim Ausblasen wird der Ofen ausschließlich mit reinen Kalksteinen ausgefüllt, um die in ihm vorhandene Hitze noch zum Brennen des Kalkes auszunützen. Der gebrannte Kalk wird unten herausgenommen.

Bei Inbetriebnahme eines Hochofens ist derselbe außerordentlich vorsichtig anzuwärmen, um die im Mauerwerk enthaltene Feuchtigkeit langsam auszutreiben, und eine unschädliche Formänderung (Ausdehnung) desselben zu bewirken. Während zunächst von einer vorübergehend außen an die Gestellwand angeschlossenen Rostfeuerung aus der Ofen während 2—3 Wochen Tag und Nacht schwach geheizt wird, findet, nachdem Gestell und Rost gut erwärmt sind (nach Zumauerung der bisherigen Feueröffnung), das „Anblasen" des Ofens durch den Gebläsewind statt, und zwar bei einer Ofenfüllung zu $^1/_3$ bis $^1/_4$ mit Koks und Kalkstein allein. Hierbei bildet sich bald eine leichtflüssige Schlacke, die namentlich den unteren Teil des Ofens für die Aufnahme des Roheisens vorbereitet. In der ersten Zeit besteht die „Gicht" nur aus den vorgenannten beiden Stoffen, um erst allmählich, mit steigender Hitze im Ofen, zunächst schwache, dann größere, endlich normale Erzzusätze zu erhalten.

Nach etwa 4—6 Wochen, vom ersten Anheizen des Ofens an, ist er vollkommen betriebsfähig.

Ist es — mit Rücksicht auf Arbeitsunterbrechung auf dem Hüttenwerke — notwendig, die Eisenerzeugung zeitweise auszusetzen, so wird man, wenn möglich, den Ofen nicht abblasen, sondern durch „Dämpfen" die großen, in ihm enthaltenen Wärmemassen für eine spätere Aufnahme des Betriebes zu erhalten suchen; hierbei wird der Ofen nur mit Koks und solchen Mengen von Kalkstein gefüllt, daß letzterer nur die Asche zum Verschlacken bringt. Der Wind wird abgestellt, sämtliche Öffnungen werden geschlossen, so daß der Koks infolge Luftmangels nur sehr langsam in sich verbrennt und auch nur verhältnismäßig geringe Nachbeschickung verlangt. Hierbei bleibt der Ofen warm, sogar monatelang. Ein späteres Anblasen hat langsam und zunächst mit nur schwachen Erzschichten zu erfolgen.

§ 74. Die chemischen Vorgänge im Hochofen und dessen Erzeugnisse.

Zur Durchführung der Verhüttung der Eisenerze sowie im Hinblick auf ihre spätere Umwandlung in schmiedbares Eisen sind notwendig Kohlenstoff, Silizium, Mangan, in gewissen Fällen auch Phosphor.

Den Kohlenstoff nimmt das Eisen aus den Brennstoffen auf und zwar in normalen Verhältnissen weniger als 4%; nur bei sehr hohem Mangangehalte (Ferromangan) können bis 8,0% C gebunden werden[1]). Das meist in den Erzen vorhandene Silizium verbindet sich mit dem Kalk der Zuschläge zu einer leichtflüssigen Schlacke; nur bei kalkarmer Beschickung und hoher Ofentemperatur gehen (bis 13%) Silizium in das Eisen. Mangan, in den Erzen enthalten oder besonders zugesetzt, wird etwa zur Hälfte von der Schlacke aufgenommen, zur Hälfte vom Roheisen verschluckt; im allgemeinen ist es durch Anreicherung der Beschickung mit Mangan leicht möglich, dem Roheisen jeden beliebigen Gehalt hiervon zu verleihen.

Der Phosphor geht vollkommen ins Eisen über, die sich bildende Schlacke ist im allgemeinen phosphorfrei. Da ein Phosphorgehalt nur in besonderen Fällen, in denen Phosphor durch den weiteren Verhüttungsprozeß ausgeschieden werden kann, vor allem

[1]) Ein Roheisen mit:

	10	20	50	80	90 v. H. Mangan
bindet:	4,6	5	6	7	8 v. H. Kohlenstoff.

bei einer Umwandlung des Roheisens in basisches Flußmetall gestattet ist, ist bei der Auswahl der Eisenerze einem Phosphorgehalt besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden; schon in sehr geringer Menge macht Phosphor das Eisen kalkbrüchig.

Von schädlichen oder bedeutungslosen Beimengungen sei noch erwähnt: Schwefel, welcher das Eisen, wenn es nicht Mangan enthält, rotbrüchig macht. Daß der Gehalt der Erze an Schwefel durch Rösten dieser sich sehr stark vermindern läßt, wurde schon auf S. 412 hervorgehoben. Bei normalem Hochofenbetrieb verbindet sich der größte Teil des noch vorhandenen Schwefels mit dem Mangan und dem Kalk der Zuschläge bis auf eine kleine Menge, die in das Eisen geht, später aber in den Roheisenmischern bis zur Unschädlichkeit herabgemindert wird. Diese Schwefelmenge ist um so geringer, je höher die Ofentemperatur, der Kalkgehalt der Zuschläge und der Mangangehalt der Erze ist.

Im allgemeinen unschädlich sind wegen ihres nur geringfügigen Vorkommens: Kupfer, Blei, Arsen, Titan und Vanadium.

Der eigentliche **Schmelzprozeß** der Eisenerze im Ofen beruht auf einer Reduktion dieser vermittelst Kohlenoxyd und glühenden Kohlenstoffes selbst. Je nachdem die eine oder die andere Wirkung vorhanden, spricht man von indirekter und direkter Reduktion (durch C allein).

Der Sauerstoff des aus den Windformen entströmenden heißen Windes verbindet sich mit dem glühenden Koks zu Kohlensäure (CO_2), die ihrerseits in den weiter nach oben folgenden, glühenden Koksmassen durch Kohlenstoffaufnahme eine Umwandlung in Kohlenoxyd erfährt, das weiterhin eine Reduktion der oxydischen Eisenerze durch Entziehung von Sauerstoff bewirkt, hierbei sich wieder in CO_2 umwandelnd[1]). Eine Vermehrung der tätigen Kohlensäure wird auch durch Ausscheidung dieser aus den Zuschlagsstoffen — $CaCO_3$ — und den etwa vorhandenen, noch nicht gerösteten Spateisensteinen bedingt. Chemisch bedeutungslos und nur wärmespendend ist die Einwirkung des Stickstoffes der Luft.

Während im obersten Teile des Ofens die hier frisch eingeführte Beschickungsmasse bei einer Abkühlung der Windluft auf 180—300° nur vorgewärmt und das in ihr enthaltene Wasser verdampft wird, findet in dem mittleren und unteren Teile des Schachtes sowie in der Rast und dem obersten Gestellteile die Reduktion statt; in diesem Sinne unterscheidet man eine Vorwärme und eine Reduktionszone.

Eine indirekte Reduktion durch CO tritt nur bei Temperaturen von 300° und höher[2]), sowie bei solchen Erzen ein, welche noch nicht geschmolzen sind; in letzterem Falle werden die Erze erst durch glühenden Kohlenstoff reduziert, ein Vorgang, der sich erst im unteren Teil des Ofens vollzieht, und zugleich zur Reduktion von Mangan und Silizium führt. Zugleich vermag der hellglühende Kohlenstoff den Schlacken Eisen zu entziehen.

Erfolgt die Reduktion unvollkommen, so geht ein erheblicher Teil der Eisenverbindungen in die Schlacke und der Ofen arbeitet nicht wirtschaftlich.

Fast gleichzeitig mit der Reduktionswirkung des Kohlenoxyds tritt ein ebenso wichtiger, chemischer Vorgang ein, indem sich 2 Teile CO in $C + CO_2$ zersetzen; während letzteres zwar weiterhin, soweit es sich nicht an dem glühenden Koks wieder

[1]) Da der Vorübergang des CO-Gases an den Erzen wegen der Windpressung schnell erfolgt, so wird nicht die ganze vorhandene Menge von CO und CO_2 umgewandelt; es enthalten deshalb die Gichtgase auch CO, wenn auch um so weniger, je besser der Ofen arbeitet.

[2]) Erst zwischen 400 und 450° C beginnt z. B. die Umwandlung von Eisenoxyd in Eisenoxydul; am lebhaften gestaltet sich die Reaktion bei 800° C.

in die einfache Sauerstoffverbindung umwandelt, die Reduktionswirkung durch Verdünnung der Kohlenoxydatmosphäre abschwächt, wird der Kohlenstoff, fein auf dem glühenden schwammigen Eisen sich ablagernd, allmählich von diesem aufgenommen „Kohlungszone". Hier bildet sich demgemäß eine Kohleneisenlegierung, deren Entstehen deshalb für den Hochofenprozeß von höchster Bedeutung ist, weil ihr Schmelzpunkt erheblich tiefer liegt, als der von reinem Eisen.

Der Prozeß des Schmelzens im obigen Sinne, verbunden mit der Bildung der Schlacken und einer weiteren direkten Reduktion vollzieht sich im untersten Teile der Rast und im oberen Abschnitte des Gestelles in der „Schmelzzone". Aus ihr schmilzt bei etwa 1200° C das Eisen tropfenförmig aus, um sich im untersten Teil des Gestelles zu sammeln, stetig überdeckt mit der auf ihm schwimmenden, scharf getrennten, leichteren Schlacke.

Die **Erzeugnisse** des Hochofens sind: 1. das Roheisen, 2. die Schlacke, 3. die Gichtgase.

1. Das Roheisen.

Das Roheisen, welches sich so lange in dem Gestelle ansammelt, bis seine Oberfläche fast die Höhe der Schlackenformen erreicht hat, ist — wie schon im § 72 hervorgehoben wurde — nach seiner Farbe bzw. der sie bedingenden Freigabe oder Bindung des Kohlenstoffes graues oder weißes Roheisen.

Das graue (Silizium-) Eisen fordert hohe Verbrennungs- und Windtemperatur, da hier das Silizium aus der Beschickung reduziert werden muß; deshalb ist auch bei seiner Erzeugung der Koksverbrauch ein großer; auf 1 t Koks sind etwa 2,5 t Erz (Braun- und Roteisenstein, Sphärosiderit) zu rechnen, während 1 t Eisen rd. 1,2 t Koks verlangt.

Bei dem weißen manganhaltigen Eisen ist eine weniger hohe Temperatur ausreichend; hier genügt 1 t Koks für rd. 2,8 t Erz und 1 t Eisen verlangt nur rd. 0,9 t Koks. Ist das Eisen reich manganhaltig, so ist seine Struktur oft strahlig oder durch tafelförmig ausgeschiedene Kristalle bezeichnet[1]).

Neben dem Kohlenstoff wirkt auch die Zeit der Abkühlung des Roheisens auf die Farbe ein; so ist bei dem gleichen Roheisen das in eiserne Schalen gegossene und schnell erstarrte „Kokillen"-Eisen weiß, während in Sand abgeformtes, langsam erhärtetes Eisen graue Färbung aufweist.

Graues Roheisen, auch oft wegen seiner Verwendung Gießereisen genannt zeigt bei Gegenwart von Silizium (am günstigsten 2,5 %) und kleineren Mengen Mangan den Kohlenstoff in Form kleiner dunkler Graphitblättchen deutlich ausgeschieden. Bei geringem Mangangehalte genügen geringere Mengen von Silizium, um das Eisen grau zu machen, während bei höherem Mangangehalt die Fähigkeit des Siliziums, das Roheisen in Eisen und Kohlenstoff zu zerlegen, sich verringert und hier größere Mengen von Silizium notwendig werden.

Der Kohlenstoffgehalt beträgt i. d. R. 3—3,5 %; je höher derselbe ist, desto leichter ist das Roheisen schmelzbar und gießbar, wenn auch hierbei noch andere Beimengungen mitsprechen[2]). Im allgemeinen kann die Schmelztemperatur des Graueisens zu 1150 bis 1250° C angenommen werden; zur Schmelzung eines kg sind 245 Wärmeeinheiten not-

[1]) Bei hochmanganhaltigem Eisen (Ferromangan) sind die erforderliche Temperatur, sowie der notwendige Kokszusatz sehr groß.

[2]) Silizium erniedrigt, Mangan in größerer Menge erhöht die Schmelztemperatur.

wendig. Die Dünnflüssigkeit, welche das graue Roheisen zum Gießen befähigt, ist vorwiegend durch den die Graphitabscheidung bedingenden Siliziumgehalt bedingt, der auch die Weichheit und die leichte Bearbeitungsmöglichkeit des Metalls zur Folge hat. Hingegen gibt Mangan dem Eisen größere Härte und Festigkeit, zugleich auch Sprödigkeit.

Das Schwinden des Roheisens, günstig beeinflußt durch das Silizium, aber durch Mangan vergrößert, beträgt: i. M. $^1/_{96}$, wofür in der Eisengießerei i. d. R. $^1/_{100}$ gerechnet wird.

Ein Phosphorgehalt des grauen Roheisens ($^1/_{10}$ bis $^1/_{100}$ Prozent) macht es zwar leicht- und dünnflüssig, bewirkt aber auch große Sprödigkeit und demgemäß geringe Festigkeit; deshalb wird ein derartiges Rohmaterial fast nur zum Kunstguß verwendet. Das Raumgewicht des Graueisens beträgt i. M. 7,25. Wegen seiner Festigkeitsverhältnisse vergl. die Ausführungen über „die Prüfung des Eisens".

Graues Gießereieisen wird i. d. R. nach dem Aussehen des Bruchquerschnittes bewertet und bezeichnet; hierbei erhält das siliziumreichste, grobkörnige die Nr. I, während die feinkörnigen hellen Sorten mit höheren Nummern belegt werden.

Das weiße Eisen hat einen höheren Mangan- und geringeren Siliziumgehalt als das graue. Der Kohlenstoff ist als Härtungskohle chemisch mit dem Eisen verbunden, sodaß der Querschnitt weiße Färbung zeigt. Weißeisen ist nicht zum Gießen geeignet, da es dickflüssig bleibt; es bildet hingegen den Ausgangsstoff für die Herstellung schmiedbaren Eisens. Sein Kohlenstoffgehalt ist annähernd der gleiche wie beim Graueisen, seine Härte sehr groß, sein Raumgewicht i. M. 7,4; seine Schmelztemperatur liegt bei 1050 bis 1150° C, ist also tiefer, wie die des grauen Materials.

Neben der Verwendung zur Erzeugung schmiedbaren Eisens wird es, mit Graueisen gemengt (halbiertes Eisen), zu besonderen Eisengüssen, u. a. den später schmiedbar gemachten Gußstücken, benutzt.

Der Eisengehalt der gewöhnlichen Roheisenarten beträgt zwischen 92 und 93 v. H.[1]).

2. Die Schlacke.

Die aus den etwas tiefer als die Windzuleitung gelegenen Schlackenformen[2]) ausfließende Schlacke erstarrt entweder in besonderen Transportwagen zu Klotzschlacke oder wird durch „Granulieren" (vergl. S. 194—195), d. h. Einleiten in fließendes (Kühl-) Wasser zu Kiesform zerteilt, seltener durch einen Dampfstrahl zu Schlackenwolle ausgeblasen. Ihre Zusammensetzung steht in engster Verbindung mit der Art des erblasenen Roheisens und läßt die Schlacke im allgemeinen als ein Silikat von Tonerde, Kalk, Magnesia, mit Alkali-, Mangan-, Eisen- und Schwefelverbindungen erkennen. Die Schlacke kann silizium- und tonerdereich, sauer sein und hat alsdann die Eigenschaft während des verhältnismäßig langsamen Erstarrens sich in Fäden ausziehen zu lassen, oder sie kann, einen höheren Gehalt an Kalk und Magnesia aufweisend, basisch sein und alsdann meist rasch („kurze" Schlacke) erhärten, ohne erst einen teigigen Zustand zu durchlaufen.

Die Farbe der Schlacke ist bei normaler Zusammensetzung grau, bläulich oder grünlich, bei starkem Mangangehalte olivgrün, bei erheblichen Beimengungen von Eisenoxydul (nicht gut!) dunkelgrün bis schwarz.

[1]) Genauere Angaben liefern die folgenden Zahlen: 1. Puddelroheisen 94,7—89,9; 2. Bessemerroheisen 93,5—92,0; 3. Thomasroheisen 93,9—93,4; 4. Gießereiroheisen 92,9—90,8 (je nach dem Gehalte an Phosphor); 5. Spiegeleisen 85,4—63,6.

[2]) Verwendet wird hier meist die Lührmannsche Form mit gekühlter doppelter Bronzeröhre.

Nach ihrem Gewichte beträgt die Schlacke i. M. das 1,3fache, nach ihrem Inhalte das 3,0fache des Roheisens, sodaß auf eine Tagesleistung von 150 t Eisen etwa 200 t Schlacke zu rechnen sind.

Die Verwendung der Schlacke ist zwar eine vielseitige, findet jedoch noch lange nicht in dem Maße statt, wie seitens der Eisenindustrie mit Recht gewünscht ist; noch heute bildet die nutzungslose Ablagerung der Schlacke auf ausgedehnten Halden eine recht erhebliche Erschwerung des Hochofenbetriebes. Von Verwendungsgebieten seien genannt: a) Der Wege und Eisenbahnbau. Hier findet zweckmäßig als Schotter bezw. zur Gleisunterbettung eine kieselsäurereiche Schlacke Verwendung, da kalk- und tonerdereiche nicht beständig sind, sondern unter der Einwirkung der Atmosphäre mit der Zeit zerfallen. b) Die Erzeugung von Kunststeinen, sowohl durch Guß unmittelbar aus der Schlacke (vgl. S. 199—200) als auch unter Verwendung eines meist kalkigen Bindemittels (vgl. S. 194—199). c) Die Erzeugung von Eisenportland- und Schlackenzement (vgl. Teil V dieses Lehrbuches).

3. Die Gichtgase.

Früher ließ man die Gichtgase ungenutzt entweichen; heute bilden sie bei ihrer vollkommenen Ausnutzung eine so wertvolle Kraftquelle, daß nicht mit Unrecht ihre Bedeutung in wirtschaftlicher Hinsicht schon über die der Roheisenerzeugung gestellt worden ist[1]). In diesem Sinne teilt die „Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens“ (6. Aufl. 1907 S. 43) mit, daß auf 1 t Roheisen etwa 4500 cbm Gas mit einem durchschnittlichen Heizwerte von je 800 W.-E. entfallen. Von ihnen wird nicht ganz die Hälfte (etwa 2000 cbm) zur Erwärmung des Gebläsewindes und für Leitungsverluste aufgebraucht. Da für eine Pferdekraftstunde 3,5 cbm Gichtgas notwendig sind, wenn dieses in Gasmotoren verbrannt wird, so liefern die verbleibenden 2500 cbm rd. 30 P. S.; hiervon werden für den Hochofenbetrieb rd. 7 P. S., bezogen auf 1 t Roheisen gebraucht, sodaß noch 23 P. S., d. h. also bei einer Ofenleistung von 300 t in 24 Stunden 23 . 300 = 6900 P. S. in der Stunde zu beliebiger Ausnutzung verbleiben.

Das 5—15 g Staub[2]) auf je 1 cbm enthaltende Gichtgas muß, ehe es weiter verwendet wird, gereinigt werden und geht zu diesem Zwecke meist durch ein stark verzweigtes, ausgedehntes, verschieden weites — also Geschwindigkeitsänderungen bedingendes — Rohrnetz, um hier auf rein mechanische Weise (ausreichend für den Hochofenbetrieb) sich von Staub zu reinigen oder unter Beschwerung des Staubes durch aufgespritztes, fein verteiltes Wasser, diesen zum Absitzen zu bringen; auch findet u. U. ein Herausschleudern vermittelst von Zentrifugalreinigern statt; endlich erfolgt ein Trocknen des Gases und seine Mischung mit Luft (bei Gaskraftmaschinen).

Die Temperatur des Gichtgases bei seinem Entweichen aus dem Ofen soll mehr als 100° C betragen, damit der Beschickung sämtlicher Wasserdampf entzogen wird. Wie schon auf S. 427 erwähnt bestehen die Gase nicht nur aus Stickstoff und Kohlenoxyd, sondern zeigen zudem einen geringeren oder größeren Gehalt an CO_2, und Wasserstoff — entstanden durch die Zersetzung des Wasserdampfes bei seinem Hinwegstreichen

[1]) Es kommt hinzu, daß die Gichtgase in den modernen Gichtgasmaschinen dreimal besser ausgenutzt sind, als wenn man mit ihrer Hilfe Dampf erzeugt und mit diesem Dampfmaschinen betreibt — In letzterer Hinsicht steht eine heute bereits begonnene, weitere Umwandlung des Maschinenbetriebes unserer Eisenhütten in Zukunft zu erwarten.

[2]) Manchmal enthält der Gichtstaub soviel Blei- und Zinkverbindungen, daß sich die Verhüttung hierauf lohnt.

über den glühenden Koks. Im allgemeinen kann man damit rechnen, daß die Gichtgase sich etwa aus 24 Raumteilen CO, 12 R.-T. CO_2, 60 R.-T. N, 2 R.-T. H und 2 R.-T. Kohlenwasserstoffen zusammensetzen.

Kapitel XXV.

Das schmiedbare Eisen.

§ 75. Die allgemeinen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens.

Wie in § 72 bereits hervorgehoben wurde, wird aus dem Roheisen das schmiedbare Eisen hergestellt. Je nachdem es hierbei in teigigem oder flüssigem Zustande gewonnen wird, unterscheidet man Schweiß- und Flußmetall, während nach dem niederen und höheren Gehalte an Kohlenstoff und der durch letzteren bedingten Möglichkeit einer künstlichen Härtung a) Schweißeisen oder b) Schweißstahl, c) Flußeisen oder d) Flußstahl entstehen; a und c faßt man auch unter dem Namen des Schmiedeeisens, b und d unter der Bezeichnung Stahl zusammen. Bereits auf S. 418 wurde hervorgehoben, daß die Grenze der beginnenden Härtbarkeit eines Eisens oder sein Kohlenstoffgehalt praktisch nicht einfach bestimmbar, daß deshalb in der Praxis als Unterscheidungsgrenze die Zugfestigkeit des Eisens festgesetzt ist und jedes Eisen als Stahl bezeichnet wird, welches eine größere Zugfestigkeit als 45 kg/qmm, d. i. 4,5 t/qcm zeigt.

Im allgemeinen besitzt Schmiedeeisen einen sehr geringen, bis zu wenigen Tausendstel gehenden Kohlenstoffgehalt, während Stahl hiervon 0,5—1,5% aufweist.

Schmiedbares Eisen läßt sich durch Druck, Schlag oder Zug in der Glühhitze in beliebige Form bringen; es ist weich, knetbar, schmiedbar und zwar nimmt die Möglichkeit derartiger Formänderungen mit dem abnehmenden Gehalte an fremden Beimengungen zu; hiermit läuft auch angenähert die Schweißbarkeit parallel, d. h. die Fähigkeit metallische Flächen in der Glühhitze durch Druck zu vereinigen. Bis zu einer — nahe bei 1% liegenden — Grenze des Kohlenstoffes läßt sich die Festigkeit des Eisens durch diesen Zusatz steigern, desgl. die Härte (Grenze bei etwa 2% C). Eine künstliche Erhöhung dieser, von rd. 0,5% C an möglich, findet durch Abschrecken statt. Die hierdurch bedingte Sprödigkeit wird durch nochmaliges geringes Erwärmen auf 220—316° C und langsames Abkühlen beseitigt — man spricht von Anlassen des Stahls. Hierdurch erhält es seine Federkraft zurück; hierbei bilden sich auf seiner Oberfläche, durch feine Oxydschichten bewirkt, bunte Anlauffarben, welche einerseits ein Wertmesser für den Grad der Härtung, andererseits für die jeweilige Temperatur sind. Es zeigt sich Gelb bei 220—230°, großer Härte und geringer Biegsamkeit, Braun bei 255—260°, Violett und Purpur bei 270—280°, Hellblau bei 288° (schon sehr elastisch), Dunkelblau bei 293—316°. Die Verfärbungen lassen sich leicht mit verdünnten Säuren beseitigen.

In ähnlicher Weise wie Kohlenstoff wirken auch Silizium und Mangan auf die Festigkeit des Eisens bis zu einem bestimmten Prozentgehalt bei den einzelnen Eisenarten[1]) ein; jedoch hat ein höherer Gehalt an diesen Beimengungen ein Herabgehen der Dehnbarkeit zur Folge. Eine Einwirkung von Silizium und Mangan auf die

[1]) Ein Gehalt über 0,8% bei weichem Eisen macht es bei jeder Temperatur brüchig (Faulbruch).

Härtbarkeit ist nicht nachweisbar, während durch einen Siliziumgehalt die Schweißbarkeit eine Verminderung erfährt und ein Mangangehalt von über 0,6% die Schmiedbarkeit verbessert.

Schwefel[1]) und Arsen, selbst in kleinen Mengen, Kupfer über 0,3%, machen das schmiedbare Eisen in der Rotglut rissig und brüchig, erschweren also sehr erheblich seine Bearbeitbarkeit, während ein Gehalt an Phosphor bei Stahl und Flußeisen ($> {}^1/_{100}$% bereits) Kaltbruch zur Folge hat, d. h. eine Bearbeitung des Eisens bei gewöhnlicher Temperatur ausschließt; hingegen kann Schweißeisen bis 0,8% Phosphor enthalten, wodurch sogar seine Schmied- und Schweißbarkeit verbessert wird und seine Härte zunimmt.

Auf die Erhöhung der Härte und Festigkeit wirkt günstig ein: Nickel, Chrom, Wolfram usw., zu besonders beliebten Spezialstählen führend, die einerseits als wertvollstes Konstruktionsmaterial (z. B. Nickelstahl), andererseits für Werkzeuge härtester Art Verwendung finden.

Das körnig kristallinische Gefüge des Schmiedeeisens geht bei weichem Eisen durch Walzen usw. in ein sehniges Gefüge über, während bei hartem Material das Korn noch feiner wird, verbunden mit größerer Festigkeit des Eisens (Feinkorn-, Homogeneisen).

Das Raumgewicht des Schmiedeeisens beträgt i. M. 7,8, das des Stahls 7,7; die Schmelztemperaturen liegen bei 1600—2000 bzw. 1400—1600° C.

Ein längeres, dauerndes Glühen an der Luft macht das Eisen mürbe. Über die Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse vergl. oben Abschnitt: Prüfung des Eisens.

Die verschiedenen Prozesse, welche zur Darstellung des schmiedbaren Eisens aus dem Roheisen Anwendung finden, bezwecken in erster Linie, den Gehalt an Kohlenstoff, daneben den der anderen Beimengungen, zu verringern; nach der Größe dieser Herabminderung wird es sich in erster Linie richten, ob Stahl oder Schmiedeeisen erzeugt wird. Da die Ausschaltung des Kohlenstoffes meist durch Oxydation desselben und Umwandlung in Gasform vor sich geht, wird im ersteren Falle dieser Prozeß nicht so weit geführt werden wie im letzteren, wenn man nicht — wie das heute bei der Mehrzahl der Herstellungsprozesse und zwar denen, welche das Flußmetall erzeugen, üblich geworden ist — den Kohlenstoff, soweit erreichbar, herabmindert und darauf dem (flüssigen) Eisen durch Beimengung reinen, hochkohlenstoffhaltigen Roheisens einen bestimmten Gehalt an C verleiht. Damit hat man es in sehr sicherer Weise in der Hand, aus dem kohlenstoffarmen Flußmetall Schmiedeeisen bzw. Stahl zu erzeugen.

Als Herstellungsprozesse für das schmiedbare Eisen kommen in Frage:

1. Das Herdfrischen, 2. das Puddeln, 3. das Windfrischen (Bessemer- und Thomas-Prozeß), 4. das Siemens-Martin-Verfahren, 5. das Roheisenerzverfahren, 6. das Zementieren, 7. das Tiegelverfahren, endlich 8. die elektrische Stahlerzeugung.

§ 76. Das Herdfrischen und das Puddelverfahren.

Das Herdfrischen stellt das älteste der Verfahren dar, welche das Roheisen als Ausgangsstoff zur Erzeugung schmiedbaren Eisens, und zwar von Schweißeisen oder Stahl wählen. Es beruht in erster Linie auf einem öfteren Umschmelzen des Roheisens, gemengt mit Brennstoff und einer gleichzeitigen Oxydation des Eisenkohlenstoffes und

[1]) Hier ist bereits ein Gehalt an Schwefel bei weichem Eisen von $> 0{,}01$%, bei Stahl von 0.04% an gefährlich.

der sonstigen Beimengungen durch einen von unten dem Eisen zugeführten Luftstrom, wobei allerdings auch ein Teil des Eisens oxydiert wird. Der Luftstrom kann durch ein Gebläse oder durch einfachen Luftzug erzeugt werden. Hierbei gehen die Beimengungen teils in Gasform über (Kohlenoxyd, schweflige Säure), teils werden sie von der sich bildenden Schlacke aufgenommen.

Dieser Vorgang führt den Namen **„Frischen“**. Durch die Einwirkung von Luft und Brennstoff erweicht das Eisen und sammelt sich in teigiger Form auf dem offenen Herde. Meist wird das Niederschmelzen 2 bis 3mal wiederholt, wobei die auf dem Herde sich bildenden Eisenklumpen immer wieder durch Brechstangen abgebrochen und zerteilt werden, um sie dem Luftstrome möglichst auszusetzen. Da die Nebenbestandteile des Eisens sich leichter als dieses mit dem Sauerstoff verbinden, besitzt es nach jedem Niederschmelzen einen geringen Gehalt an diesen, namentlich an Kohlenstoff, und wird auf diese Weise in schmiedbares Eisen umgewandelt. Je nach der größeren oder geringeren Dauer des Prozesses entsteht Schweißeisen oder Schweißstahl. Da ein Mangangehalt im Roheisen den Kohlenstoff dieses vor zu schnellem Verbrennen schützt, ist als Ausgangsroheisen für Stahlerzeugung manganhaltiges Weißeisen zu empfehlen.

Es liegt auf der Hand, daß nur ein ziemlich reines Roheisen und ein reiner Brennstoff Anwendung finden können, da bei dem vorliegenden Verfahren die Ausscheidung schädlicher Beimengungen nicht möglich.

Deshalb konnte man auch vorwiegend nur Holzkohle bei dieser Herstellungsart verwenden, ein Umstand, der heute an den meisten Orten zum Verlassen des Verfahrens geführt hat; auch ist die erzielte Menge an Schmiedeeisen naturgemäß keine große; sie betrug in der Woche bei einem Feuer etwa 8—12 t; der Verbrauch an Holzkohle ist etwa der gleiche, der Abbrand, d. h. die Menge während des Umschmelzens verloren gehenden Eisens rund 14%. Das erzielte Material war vielfach ein hervorragend gutes, namentlich der Stahl.

In Deutschland gibt es heute kein Frischfeuer mehr, während in besonders holzreichen und reines Roheisen erzeugenden Ländern, wie Schweden und Steiermark, das Verfahren noch in Anwendung ist, wenn auch nur noch zur Herstellung der besten Eisensorten, namentlich hervorragenden Stahls.

Die im Verfahren liegende große Betriebsschwierigkeit und -Erschwernis, daß der Brennstoff mit dem Eisen unmittelbar in Berührung kommt, veranlaßte den Engländer Harry Cort im Jahre 1784, die Feuerung von dem eigentlichen Frischherde zu trennen und die Oxydation auf diesem nur durch die Feuergase zu bewirken. Wenn auch die chemische Ausgestaltung des Verfahrens seitdem sich erheblich verändert hat, so ist doch der bei ihm verwendete Ofen im Grundzuge heute noch der alte, d. h. ein geschlossener Flammofen, auf dessen Herd das Roheisen umgesetzt — gepuddelt[1]) wird. Hieraus ist dem Verfahren der Name **Puddelprozeß** erwachsen.

In der Regel wird, namentlich dort, wo es sich um die Erzeugung sehnigen, weichen Eisens handelt, siliziumarmes Weißeisen verpuddelt, da hier die Entkohlung schon beim Einschmelzen beginnt, demgemäß die Umwandlung in kürzerer Zeit und mit geringerem Brennstoffverbrauch ermöglicht ist, als bei grauem Eisen; auch ist hier der Abbrand an Eisen geringer. Nur für Feinkorneisen und Stahl wird Graueisen oder ein Gemenge hiervon mit manganreichem Spiegeleisen oder dgl. benutzt, weil die sich alsdann bildende, silizium- und manganreiche Schlacke die Entkohlung verlangsamt, wobei zu gleicher Zeit etwa vorhandener Schwefel ausgeschieden werden kann; gerade

[1]) Vom engl. puddle = umrühren.

hierfür ist die Langsamkeit der Prozeßausführung von Bedeutung, da die Entfernung des Schwefels proportional der Zeitdauer der Erhitzung verläuft.

Bei Verwendung besonderer Schlacken oder Zuschläge kann auch wenig Phosphor enthaltendes Roheisen gepuddelt werden, das sich allerdings dann nicht empfiehlt, wenn auf besonders gute Stahlsorten hingearbeitet werden soll.

Der zum Puddeln verwendete Normalofen (Abb. 2) ist ein niedriger, länglicher, vollkommen überwölbter Flammofen, dessen vorderer Teil die Feuerung enthält, in dessen Mitte der eigentliche, wagerecht liegende Herd eingebaut ist, und an dessen Ende sich die Ableitung zum Schornstein — der Fuchs — befindet. Zwischen dem Feuer und dem Herde ist die Feuerbrücke, zwischen letzterem und dem Fuchs die Fuchsbrücke eingebaut.

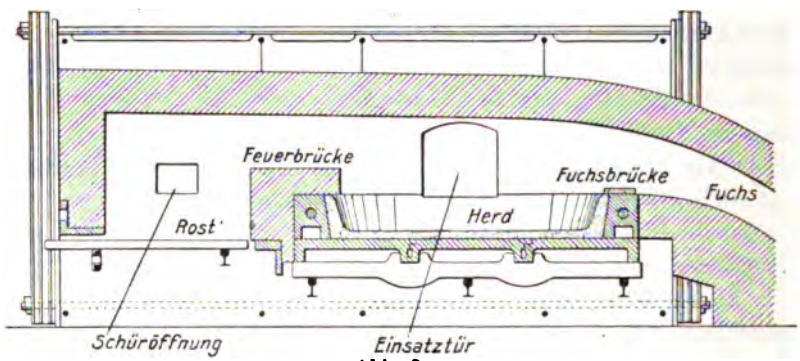


Abb. 2a.
Puddelofen (Längsschnitt).

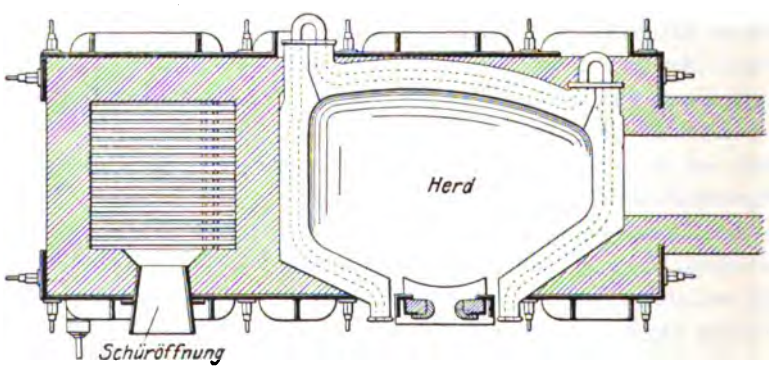


Abb. 2b.
Puddelofen (Grundriß).

Von der mit einem Plan- oder Treppenroste versehenen Feuerung streichen die Feuergase über die Feuerbrücke in annähernd wagerechtem Zuge über den Herd und von hier aus nach dem Fuchs. Unter der Feuerung ist der Aschenabfall eingebaut, der, je nachdem die Feuerung mit einem Gebläse versehen ist oder nur durch Luftzug betrieben wird, geschlossen oder offen angelegt ist. Wenn auch durch Einführung der Gasfeuerung der Betrieb in wirtschaftlichem Sinne erheblich verbessert werden kann[1]), so finden sich doch derartige Anlagen nur dort, wo keine guten Brennstoffe zur Verfügung stehen (z. B. nur Braunkohle, Torf u. dgl.).

[1]) Es wird angegeben, daß hierbei der Brennstoffverbrauch, bezogen auf 1 t schmiedbaren Eisens nur 450 kg gegenüber der sonst üblichen Menge von 750—1000 kg beträgt.

Der Herd, eine flache Wanne darstellend, ist bei normalem Ofen rd. 1,7—2,0 m lang und 1,6—1,7 m breit. Er wird durch eiserne Sohlplatten, welche ihrerseits frei und der Abkühlung von unten aus durch die Luft zugänglich, auf einem Rost von Trägern ruhen, sowie einen auf den Platten liegenden gußeisernen Rahmen, das „Herdeisen", gebildet; letzteres stellt einen ringförmigen Hohlkörper dar, der durch ihn durchströmendes Wasser dauernd gekühlt wird. Der eigentliche Herdraum ist mit einer an Eisenoxyduloxyd reichen Schlacke ausgekleidet, die bei sehr hoher Temperatur auf den eisernen Unter- und Umbau aufgeschmolzen, „aufgesintert" ist; auf die Schlackenlage ist schließlich eine Schicht aus Hammerschlag[1]) aufgebrannt. Die Feuerbrücke, deren Unterbau, gleichwie bei der Fuchsbrücke, ein Teil des Herdeisens bildet, ist durch eine kräftige Übermauerung mit feuerfesten Steinen gebildet; ähnlich, nur in geringerer Stärke, ist auch die Sicherung der Fuchsbrücke bewirkt.

An Türöffnungen befinden sich eine in der Vorderwand des Ofens an der Feuerung, zu deren Bedienung, eine andere am Herde, zum Füllen und Entleeren dieses und in der Regel ihr gegenüber eine kleinere Arbeitstür zur Vornahme der Puddelarbeit.

Der **Betrieb** des Puddelofens beruht — ähnlich wie beim Herdfrischen — auf einer Oxydation der im Roheisen enthaltenen Beimengungen, in erster Linie des Kohlenstoffes und zwar sowohl durch einen sauerstoffhaltigen Gasstrom (die Feuergase), als auch durch die Einwirkung von Fe_2O_3 enthaltender Schlacke, entstehend aus dem Herdfutter, sowie aus an Eisenoxyd reichen Körpern, wie Hammerschlag, Walzsinter, Puddelschlacke usw., wobei sich die Sauerstoff abgebende Schlacke durch Wiederaufnahme dieses aus dem Gasstrome regeneriert.

In den heißen Herd werden, wenn es sich um die Erzeugung gewöhnlichen Handelseisens handelt, etwa 400—500 kg, bei Qualitätseisen und Stahl rund 300 bis 350 kg Roheisen möglichst lose aufgestapelt und etwa ½ Stunden hindurch bei geschlossenen Türen mit einem Teil alter Schlacke aus dem früheren Gange „niedergeschmolzen". Hierbei oxydieren sich zunächst unter Einwirkung der O und CO_2 enthaltenden Feuergase Silicium und Mangan, in die Schlacke gehend. Da letztere das Eisen überdeckt, können die Feuergase auf dieses nicht mehr einwirken, weshalb der Puddler von der Arbeitstüre aus das flüssige Eisenbad mit einer vorn umgebogenen Brechstange, der „Kratze", senkrecht zur Längsrichtung des Herdes durchfurcht, um auch die anderen Beimengungen im Eisen — namentlich C in CO — zu oxydieren, ein Vorgang, der durch Zugabe von Hammerschlag usw. beschleunigt wird. Hierbei wird auch die Schlacke dickflüssig, und träge im Zurückfließen, sodaß eine innige und ausreichend andauernde Berührung des Eisens mit den Feuergasen ermöglicht ist. Bald steigen nunmehr infolge der Umwandlung des Eisenkohlenstoffes Gasblasen von CO aus der Schlacke auf, erkennbar an der blauen Flamme, mit der sie verbrennen. Durch besonders starkes Feuer wird diese Gasentwickelung befördert, das Eisenbad „kocht" und die Schlacke fließt über die Arbeitstüre ab.

Mit dem Fortschreiten der Entkohlung wird die Arbeit des Rührens immer schwieriger; das Eisen wird immer strengflüssiger und beginnt schließlich durch Bildung zunächst einzelner, metallisch hellglänzender Kristalle zu erhärten. Mit dem Entkohlen ist seine Schmelztemperatur gestiegen und die Hitze des Ofens jetzt nicht mehr ausreichend, um das Eisen flüssig zu erhalten.

Nunmehr folgt der zweite Teil der Puddelarbeit, das Abbrechen des teigigen Eisens vom Herde, ein Umwenden und Aufeinanderhäufen dieses, um auch

[1]) Hammerschlag, ebenso Walzsinter (Abfall beim Walzprozesse) sind Mischungen von Eisenoxyd und Eisenoxydul.

die an der Herdsohle liegenden Teile den Feuergasen auszusetzen und somit eine gleichmäßige Entkohlung des ganzen Metalles zu bewirken. Diese Arbeit wird mit Hilfe einer vorn zugespitzten Brechstange, der „Spitze", vom Puddler ausgeführt, und zwar in der Regel mehrmals wiederholt. Endlich wird die gesamte Eisenmasse in 4—6 kugelförmige Ballen — „Luppen" — geteilt und zusammengearbeitet; diese, an der Hinterwand des Ofens aufgestellt, werden schließlich nochmals stark aber kurz erhitzt, um den größten Teil der in ihnen noch enthaltenen Schlacke zum Ausfließen zu bringen. Hierauf werden die Luppen mit Zangen einzeln dem Ofen entnommen und zum Auspressen auch des letzten Restes von Schlacke und weiterer Verfestigung unter den Dampfhammer gebracht, um schließlich zu Rohknüppeln oder Rohschienen ausgewalzt zu werden. Eine leichte Zusammenschweißbarkeit unter dem Hammer ist ein Beweis für eine gleichmäßige und gute Entkohlung des Eisens; treten hingegen beim Pressen bläuliche Flammen auf, so deutet dieses auf ungare Stellen in der Luppe hin, während ein Rissigwerden und Zerfallen auf eine unzeitige Beendigung des Puddelprozesses hinweist. In diesem Falle muß die Luppe nochmals zurück in den Ofen.

Will man kein zähes, sehniges Schweißeisen, sondern Stahl (Feinkorneisen) puddeln, so ist die Entkohlung nicht so weit — wie oben angegeben wurde — zu treiben. Entweder fällt hier der letzte Teil des Umsetzens fort, oder er wird abgekürzt. Auch ist es von günstigem Einflusse, wenn die Luppe möglichst unter der deckenden Schlacke aufgebrochen und zusammengestaucht wird.

Das Erzeugnis des Ofens ist im allgemeinen ein fast ganz von Silizium und Schwefel freies, manganarmes schmied- und schweißbares Metall, dessen C-Gehalt von der Leitung des Prozesses bestimmt ist. Je nachdem in letzterer Hinsicht „auf Sehne" oder „auf Korn" gepuddelt wurde, entsteht — wie vorerwähnt — das kohlenstoffarme sehnige, bzw. das an C. reichere Feinkorn-Eisen. Seine Klassifizierung im Eisenhüttenwesen erfolgt auf Grund des Querschnittaussehens der Rohknüppel oder Rohschienen[1]), die unter dem Luppenbrecher (einem Fallwerk oder einer Presse) zerbrochen werden. Die wichtigsten Eisensorten sind:

a) Gewöhnliches Handelseisen, ein sehniges, höchstens zu 1/3 der Bruchfläche grobkörniges Material (sonst zu dünnen Walzprofilen nicht geeignet), wird vorwiegend verwendet zu Rund- und Quadrateisen von 50 mm aufwärts, sowie zu stärkeren Flacheisen.

b) Extra Handelseisen, ein sehniges Schweißeisen mit ganz geringen Einsprengungen von Grobkorn.

c) Gewöhnliches Nieteisen, hochsehnig mit wenig Feinkorneinsprengung.

d) Extra Nieteisen, desgleichen, jedoch ohne jede Spur von Feinkorn.

e) Feinkorneisen.

f) Puddelstahl.

Während aus den Rohknüppeln vorwiegend Draht sowie dünnere Profile bis zu 30 kg Gewicht hergestellt werden, werden die Rohschienen zu einzelnen Paketen — je nach dem Gewichte des zu walzenden Eisens (> 30 kg) und der Kalibrierung — vereinigt und bei einem Gewichte über 100 kg mit Draht gebunden. Bei über 150 kg Gewicht empfiehlt es sich, die Pakete vor dem Walzen zu hämmern und zu schweißen; auch ist bei sehr schweren Paketen eine „Zwischenschweißung" zu empfehlen.

[1]) Diese beiden unterscheiden sich vorwiegend durch die Form des Querschnittes, der bei den Knüppeln quadratisch, bei den Schienen ein Rechteck ist.

Die Gesamtleistung eines normalen Puddelofens beträgt bei Schweißeisen und einem „Abbrande“ (Verlust an Eisen) von i. M. 15% [1]) und 12—16 Schichten in 24 Std. etwa 4—4,5 t, bei Stahl, 10 Hitzen und 10% Abbrand rd. 2,5—5,0 Tonnen.

Im allgemeinen braucht ein Einsatz Roheisen bis zu seiner Umwandlung in schmiedbares Eisen $1^1/_2$—$2^1/_4$ Stunden, wobei die längere Zeit dem Stahl entspricht.

Die Lebensdauer eines Puddelofens beträgt etwa 6 Wochen. Wie aus den vorstehenden Zahlen ersichtlich, ist die Leistung des Puddelverfahrens, namentlich im Vergleiche mit anderen Prozessen und deren Erfolgen, eine nicht erhebliche, sodaß, wenn auch heute noch wegen der vorhandenen Einrichtungen ziemlich viel gepuddelt wird, die Anwendung des Verfahrens keine besondere Entwickelung und Ausdehnung in der Zukunft erfahren dürfte. Allerdings sind mehrfache Versuche ausgeführt und zum Teil von Erfolg gekrönt worden, welche das Verfahren in wirtschaftlichem Sinne verbessern, also seine Leistungsfähigkeit vergrößern sollen. Hier sind zu nennen: die Anwendung von Vorwärmeherden, der Bau von Doppelpuddelöfen mit doppelt so breitem Herde wie bei Normalöfen (und Vorwärmung), sodaß 2 Puddler zu gleicher Zeit arbeiten können [2]), endlich die Konstruktion beweglicher Puddelöfen. Bei letzteren ist entweder der gesamte Herd als ein sich um seine wagerechte Achse drehender Zylinder (1), oder als ein rotierender und dabei eine Schaukelbewegung ausführender Teller (2) ausgebildet.

Wenn auch bei diesen Bauarten die Leistung erheblich wächst (bis zu 25 Tonnen bei 1, bis zu 12 Tonnen bei 2) und eine sehr erhebliche Ersparnis an Brennstoff eintritt, so kranken doch diese Öfen an den durch die notwendigen Reparaturen, namentlich der Drehvorrichtungen usw. bedingten, nicht geringen dauernden Betriebskosten, die, auf die Tonne Eisen umgewertet, eine besondere Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gegenüber den älteren normalen Öfen nicht gewähren.

Endlich sei noch des Versuches Erwähnung getan, die Arbeit des Puddlers durch maschinelle Einrichtungen zu ersetzen, ein Gedanke, der bei der Eigenart des Verfahrens, sich bisher nicht mit Erfolg hat in die Praxis umsetzen lassen.

§ 77. Das Windfrischen — Bessemer- (saures) und Thomas- (basisches) Verfahren.

Das Windfrischen — geschichtlich betrachtet zunächst nur das eigentliche Bessemer-Verfahren — wurde 1855 von dem Engländer Henry Bessemer erfunden und trotz der Zurückhaltung der Eisenindustrie und vieler, der Anwendung im großen sich entgegenstellender Hindernisse, namentlich durch die Mithilfe von Männern wie Görransson, Mushet, Snelus u. a. der Eisengroßindustrie nutzbar gemacht. Hierbei sprach neben der Einfachheit des Verfahrens: die Nebenbestandteile des Eisens durch das Hindurchblasen atmosphärischer Luft unschädlich zu beseitigen bzw. auf bestimmte Größe herabzumindern, vor allem seine hohe Wirtschaftlichkeit mit; war es doch bei Bessemer's Erfindung möglich, die gleiche Menge schmiedbaren Eisens, die der normale Puddelofen in einem

[1]) Hier wird die Leistung bis zu 20 t in 24 Stunden angegeben. Bekanntere Bauarten des z. Z. noch nicht besonders häufig sich findenden Ofens sind die Bauarten Springer und Pietzka.

[2]) Wegen dieses hohen Abbrandes hat die Puddelschlacke auch einen so bedeutenden Eisengehalt, daß sie als Rohmaterial für den Hochofenbetrieb wieder benutzt werden kann.

Tage zu liefern vermag, in der Zeit von rd. 20 Minuten zu erzeugen. Somit war gerade das Bessemer-Verfahren geeignet, die durch Puddeln nicht mögliche Massenerzeugung von Schmiedeeisen und Stahl in die Wege zu leiten und es ist deshalb nicht zu viel gesagt, wenn Bessemer als der Begründer der Eisengroßindustrie bezeichnet wird. Allerdings litt das genial erdachte Verfahren zunächst noch an der großen und durch zahlreiche Versuche[1]) fürs erste nicht behobenen Schwierigkeit, daß im Eisen enthaltener Phosphor nicht zu entfernen war und demgemäß nur phosphorfreie Erze in dem Verfahren verwendbar waren. Gerade Deutschland, dessen Eisen vielfach einen erheblichen Gehalt an Phosphor besitzen, litt hierunter und war gezwungen, zur Einführung des Bessemer-Prozesses große Erzmengen aus dem Auslande (England und Spanien) zu beziehen. Erst 1878 gelang es den Engländern Thomas und Gilchrist durch besondere basische Ausfütterung des Bessemer-Ofens und Zufügung eines geeigneten Zuschlages, den Eisenphosphor in der Schlacke zu binden und nunmehr auch phosphorreiches Roheisen im Bessemer-Prozesse in schmiedbares Metall umzuwandeln. Heute hat dies Verfahren, der Thomas-Prozeß benannt, in den meisten Kulturländern, namentlich auch in Deutschland[2]), das eigentliche Bessemer-Verfahren zurückgedrängt und zwar wegen der größeren Gleichmäßigkeit und der besseren Festigkeitsverhältnisse des Flußmetalles bei Thomas und seines wertvollen Nebenproduktes, der phosphorhaltigen Thomasschlacke.

Da bei Bessemer das Roheisen — wie weiter unten noch genauer ausgeführt wird — desgleichen die Ausfütterung des Ofens reich an Silizium ist, während bei Thomas ein phosphorhaltiges Roheisen mit einem basischen Ofenfutter zusammengeht, so wird ersteres Verfahren auch der **sauere**, der Thomas-Prozeß der **basische** genannt.

Beiden Verfahren ist gemeinsam der Bessemer-Ofen, wegen seiner Form auch Bessemer-Birne, wegen der Umwandlungsarbeit auch Konverter genannt, und die Art des Windfrischens, sowie im allgemeinen auch die Durchführung des Umwandlungsprozesses.

Der Konverter — Abb. 3a u. b —, ein birnenförmiger, um eine wagerechte Achse um einen Winkel von mindestens 240° drehbarer Ofen, besteht aus einem starken äußeren Blechgehäuse, das etwa in der Mitte an zwei kräftigen Stahlgußträgern angeschlossen ist, die ihrerseits in die Drehzapfen auslaufen; an dem einen dieser schließt vermittelst eines fest aufsitzenden Zahnrades und einer meist hydraulisch angetriebenen, in dieses eingreifenden Zahnstange die Drehvorrichtung des Ofens an, während der zweite Zapfen durchbohrt und zur Durchführung der Windleitung benutzt ist; diese mündet vermittelst eines Windkastens in den Boden der Birne ein und bewegt sich somit mit dem Ofen. Durch zahlreiche röhrenförmige Durchbrechungen[3]) des Birnenbodens einschließlich seiner Übermauerung — und zwar rd. 50 bis 200 Stück von je 10 bis 30 mm Durchmesser[4]) — tritt der Wind (atmosph. Luft) aus der Gebläsemaschine[5]) mit 1,5 bis 3 Atm. Überdruck in die Birne und das sich in dieser befindliche Eisenbad ein, um hier seine Oxydationsarbeit zu verrichten. Die Ausfütterung des Ofens — in der Sohle rd. 50 cm,

[1]) Bereits in den 60er Jahren wurde von Tunner auf die Notwendigkeit hingewiesen, die Bessemer-Auskleidung durch einen basischen Stoff zu ersetzen, um den Phosphor auszuscheiden.

[2]) Das Verfahren selbst wurde in Deutschland weiter ausgebaut und gefördert durch Massenez, Graß, Meier, Pink; schon 1879 wurden die ersten deutschen Thomas-Öfen in Betrieb genommen.

[3]) Entweder sind hier besonders feuerfeste Rohre oder durchbrochene gleichartige Steine eingesetzt oder es ist der Boden um als Lehren dienende eiserne Stäbe gestampft (Nadelboden).

[4]) Die Anzahl richtet sich nach der Konvertergröße.

[5]) Diese Maschinen sind recht erheblich, da 1 t Roheisen im Konverter zu ihrer Umwandlung rund 300 cbm Luft gebraucht.

an den Wandungen 25 cm stark — besteht beim Bessemer-Prozesse aus Quarzitsteinen (Dinas-) Steinen, die aus reinem Quarzit, wenig Ton und Kalkzusatz hergestellt werden, während beim Thomas-Verfahren der Konverter mit dolomitischen Kunststeinen ausgekleidet wird. Diese werden durch Brennen von Dolomit und nach Vermengung des Rückstandes mit wasserfreiem Teer unter hohem Drucke gepreßt und in die Birne eingemauert. Durch ein dem Betriebe vorangehendes Erhitzen entweichen die flüchtigen Bestandteile des Teeres, während Kohle als fein verteilteltes Binde- und Kittmittel zurückbleibt.

Meist gehören zu einem Konverterbetriebe 3 Birnen, die abwechselnd benützt werden bzw. einer Neuausmauerung oder sonstigen Wiederherstellung unterliegen. Um den Inhalt später bequem in die Gießpfannen entleeren zu können, sind die Konverter 3—5 m über der Hüttensohle zu lagern.

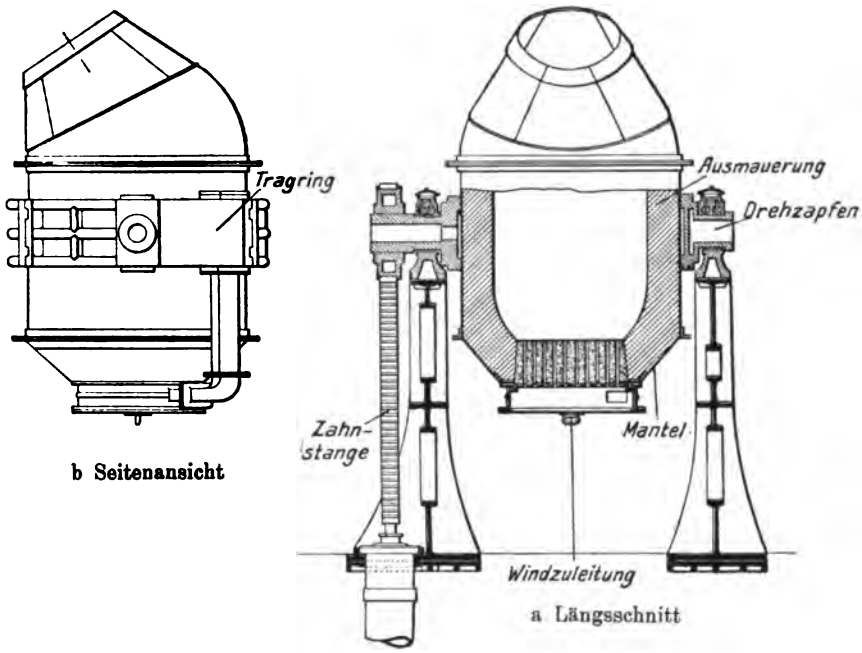


Abb. 8 a u. b.
Die Bessemer-Birne (Konverter).

Die Füllung der Birne findet in umgekipptem Zustande, jedoch so, daß das flüssige Metall den Boden nicht erreicht, mit flüssigem Roheisen statt, welches — meist in 7—30 t Gewicht — entweder unmittelbar dem Hochofen oder einem Kupolofen oder den Roheisenmischern entnommen wird. Während die schachtförmigen Kupolöfen — heute in Konverterbetrieben nicht mehr viel angewendet — eine erwünschte Reinigung des in Masselstücken eingeführten Roheisens durch ein nochmaliges Durchschmelzen unter Zuhilfenahme von Koks bewirken und vermittelst einfacher Rinnen das Eisen in die Konverter leiten, dienen die Roheisenmischer in erster Linie zum Mischen der aus den verschiedenen Hochöfen zu gleicher Zeit abgestochenen, in sich stets verschiedenen Eisenmengen. Die Mischer sind in ihrer Form dem Konverter selbst ähnlich[1]) und kippbar angeordnet, um aus ihrem Halse das Roheisen ausgießen zu können;

[1]) Roheisenmischer haben eine seitlich liegende Einlaß- und eine oben befindliche Ausgußöffnung, die jede durch Deckel bei der einen oder anderen Arbeit geschlossen werden.

sie können bis zu 600 t Roheisen fassen und sind in neuerer Zeit vielfach, um die Hitze zu halten und den Oxydationsprozeß schon einzuleiten, heizbar eingerichtet. Die Abgabe des Eisens an die Birnen erfolgt meist vermittelst fahrbahrer Pfannen. Ein längeres Stehen im Roheisenmischer ist bei einem Schwefelgehalte des Eisens von besonderer Bedeutung, da sich hierbei eine in die Schlacke gehende Verbindung von Schwefel und Mangan bildet[1]).

Durch die von unten aus eingepreßte Luft werden die Beimengungen des Eisens oxydiert, d. h. verbrannt. Durch diese Verbrennung selbst entsteht eine hohe Erhitzung des Eisens, welche bewirkt, daß dieses dauernd flüssig bleibt, obwohl mit der Abnahme des Kohlenstoffes die Schmelztemperatur des Eisens selbst steigt. Es ruft die Verbrennung von 1 % hervor:

Si	eine	Temperatursteigerung	von	190° C
Mn	„	„	„	40° C
Fe	„	„	„	28° C
C	„	„	„	6° C
P	„	„	„	120° C

Hieraus ergibt sich, wie wichtig der Gehalt des Roheisens an Silizium bei dem sauern, an Phosphor bei dem basischen Prozesse ist.

Durch die Einwirkung der Luft wird auch ein Teil des metallischen Eisens oxydiert, und zwar wird neben dem in die Schlacke gehenden Gehalte hieran eine nicht unerhebliche Menge als Eisenoxydul im Eisen gelöst — eine Beimengung, die beseitigt werden muß, weil durch sie das schmiedbare Eisen rotbrüchig wird. Im allgemeinen beträgt der Abbrand beim sauren Verfahren 10—12 %, beim basischen 10—15 %, das Ausbringen an Gußblöcken erreicht also 90—88 bzw. 90—85 % des eingebrachten Roheisens. Meist wird, wie weiterhin noch genauer ausgeführt wird, die Oxydation des Kohlenstoffes soweit als irgend erreichbar getrieben, d. h. höchst kohlenstoffarmes Eisen erblasen und diesem dann (in verschiedener Form) Kohlenstoff zugesetzt, um eine Rückkohlung und damit das Entstehen von Flußeisen oder Flußstahl zu bewirken.

Das fertige Eisen gelangt nach Abgießen der Schlacke, in fahrbare oder feststehende Gießpfannen[2]), aus denen es nach Entfernung eines Bodenverschlusses in die Kokillen, d. h. eiserne, wenig konische Hohlformen quadratischen Querschnittes, fließt. Diese Kokillen sind auf eine festen Bodenplatte aufgesetzt, die bei feststehenden Gießpfannen auf einer Wagenplattform montiert ist. Der sich hier bildende Block, mit dem Namen „Ingot" bezeichnet, erkaltet selten in der Kokille[3]), vielmehr nützt man seine Wärme

---

[1]) Dies Verfahren wurde in Hörde von Massenez und Hilgenstock ausgearbeitet.

[2]) Eine Gießpfanne hat die Form eines großen Topfes und besteht aus einem starken Flußeisenblechmantel mit innerer feuersicherer Ausfütterung; vielfach ist sie auf einem Wagen montiert oder an einen Kran angeschlossen.

[3]) Der Grund, weshalb man das Eisen in der Kokille nicht erstarren läßt, liegt darin, daß die Erhärtung hierin nicht allzu regelmäßig vor sich geht. Da das Eisen, je weniger fremde Bestandteile es enthält, um so schwerer schmelzbar ist, oder mit anderen Worten um so mehr Beimengungen aufzunehmen vermag, je länger es über seiner Schmelztemperatur gehalten wird, so wird beim Erstarren in der Kokille, das zunächst an den Wandungen und am Boden beginnt, sich hier ein viel reineres Eisen absetzen, als später in der Mitte verbleibt — eine Erscheinung, die man mit „Saigern" bezeichnet. Dies gilt namentlich von einem Gehalte an C, P und S, so daß der mittlere Teil des der Kokille entnommenen Blockes, des „Ingot", mehr Fremdbestandteile und demnach weniger gute Beschaffenheit zeigen kann als die Außenseiten. Zudem bilden sich auch beim Erkalten des Blocks in der Kokille und dem schnelleren Erstarren der Außenfläche wegen der Schwindung des Eisens im Innern des Ingot Hohlräume, die sich

zu seiner weiteren Verformung (durch Walzen usw.) aus, wenn auch selten unmittelbar da er in seinen einzelnen Teilen nach Herausnehmen aus der Kokille ungleich warm ist. Deshalb werden die Ingot zunächst entweder in Öfen eingesetzt, die geheizt werden und die Außenseite der Eisenblöcke erwärmen, oder sie gelangen in „Ausgleichs-" oder „Wärmegruben", in denen feuersichere Wandungen einzelner, für je 1 Block ausreichender Kammern die von diesem ausgestrahlte Wärme aufnehmen und nicht selten auch mit Zuhilfenahme einer Gasheizung[1]) wieder an ihn zurückstrahlen; hiebei kühlt der Block im Innern sehr langsam ab, ohne an seiner Außenfläche erheblich zu erkalten und erlangt somit schließlich eine gleichmäßige Hitze, die für das Auswalzen erforderlich ist.

Bei dem sauren Verfahren ist ein Roheisen erwünscht, das 1—2 % Si, 2—3 % Mn und sehr wenig P ($< 0{,}1$ %) und S ($< 0{,}05$ %) besitzt. Zuerst verbrennt beim Durchblasen der Luft das Silizium, dann Mangan, endlich Kohlenstoff; welch wichtige Rolle hiebei zur Erzielung einer hohen Temperatur im Eisen Silizium spielt, ist voranstehend ausgeführt. Die sich bildende Bessemer Schlacke enthält Kieselsäure, Manganoxydul, Eisenoxydul und einen geringen Gehalt an Tonerde, Kalkerde, sowie Magnesia, bedingt durch die Ausfütterung der Birne; im allgemeinen stellt diese Schlacke kein wertvolles Nebenprodukt, sondern vielmehr eine unwillkommene Beigabe dar, es sei denn, daß ein besonders hoher Gehalt an Mangan sie als Zuschlag für den Hochofen geeignet erscheinen läßt.

Nach Füllung der Birne mit dem Roheisen und Aufrichtung derselben wird sogleich mit voller Windpressung geblasen; es bildet sich eine vorwiegend aus Luftstickstoff bestehende, fahle, blaue Flamme. Schon nach wenigen Minuten sind Si und Mn verbrannt, es kommt alsdann der Kohlenstoff an die Reihe, eine Periode, die an dem, unter starkem Geräusche stattfindenden Aufwallen und Aufkochen des Eisens infolge der Erzeugung von CO und der bald bläulichen, bald blendendweißen Flamme erkennbar ist[2]). Die „Kochzeit" dauert etwa 8—10 Minuten. Das allmählich beginnende Ende des Prozesses — die Garperiode — kündigt sich durch das Verschwinden der Flamme und die durch Mn und Fe hervorgerufene Rauchentwickelung an.

Nach Abstellung des Windes und Neigen der Birne fügt man zunächst dem Eisenbade Ferromangan oder Spiegeleisen hinzu, um das durch die Lufteinwirkung im Eisen gelöste Eisenoxydul (vgl. S. 440) unschädlich zu machen, indem sich dieses mit dem Eisenmangan in metallisches Eisen und Manganoxydul umsetzt, das seinerseits in die Schlacke geht. Diesen Vorgang bezeichnet man mit „Desoxydation".

Gleichzeitig erfolgt, da in den meisten Fällen der Kohlenstoff, soweit erreichbar, beseitigt wird, die Rückkohlung des Eisens meist durch flüssig eingeführtes, reines phosphorfreies Roheisen bestimmten Kohlenstoffgehaltes, dessen Menge sich nach der Art des Enderzeugnisses richtet und genau vorher zu bestimmen ist. Zur guten Durchmischung dieses Zusatzes kann der Wind für ganz kurze Zeit nochmals angestellt

z. T. mit Luft anfüllen können, den Namen „Lunker" führen, und u. U. zu unganzen Stellen beim Walzen zu führen vermögen. Ihre Entstehung läßt sich durch langsames Gießen bei möglichst niedriger Temperatur des Flußmaterials erheblich vermindern; auch wirkt in diesem Sinne das bei kleineren Blöcken vielfach übliche und auf dem Grundsatze der kommunizierenden Röhren beruhende Gießen von unten aus, also ein Emporsteigen der Eisenschicht in der Kokille, günstig ein. Endlich können auch im flüssigen Eisen Gase — CO, H — enthalten sein, welche namentlich nahe den Außenflächen kleine Poren erzeugen; ihre Bildung kann aber durch geeignete Beimengungen zum Flußeisen ziemlich verhindert werden.

[1]) Derartige Anlagen führen auch den Namen „Frischöfen".

[2]) CO geht in CO_2 über.

werden. Arbeitet man ohne Rückkohlen, so muß naturgemäß bei einem bestimmten Kohlenstoffgehalte der Wind abgestellt werden. Diesen Zeitpunkt bestimmt man mit Hilfe eines Spektroskops, da einem bestimmten C-Gehalte im Eisen bestimmte Spektrallinien entsprechen und deren Verschwinden eine scharfe Ermittelung des jeweils gerade vorhandenen Gehaltes an C gestattet. Überhaupt erkennt man im allgemeinen den normalen Verlauf des Prozesses an der Färbung der aus dem Konverter herausschlagenden Flamme, daneben auch an der immer dunkler werdenden Farbe der Schlacke.

Eine „Charge" beim reinen Bessemer-Verfahren dauert etwa 15 Minuten.

Durchaus ähnlich verläuft der Prozeß bei dem **basischen** Verfahren. Das hier verwendete Roheisen besitzt wenig Silizium (0,3—0,5%)[1]), etwa 2% Mn und 1,8—2,0% P[2]). Letzteres ersetzt hier das Silizium als Heizkörper, wenn auch deshalb weniger günstig, weil der Phosphor erst zum Schlusse, nach den anderen Beimengungen, auch dem Kohlenstoffe, verbrennt. Dies hat aber für die Flüssigerhaltung des Bades wieder den Vorteil, daß durch den lang verbleibenden P-Gehalt auch die Schmelztemperatur des Eisens eine verhältnismäßig niedrige bleibt. Immerhin ist es erforderlich, das eingeführte Roheisen im Ofen oder Mischer besonders stark zu erhitzen.

Vor Einleitung des Roheisens kommt zunächst zwecks späterer Schlackenbildung gebrannter Kalk und zwar 15% des ersteren in den Konverter, darauf das flüssige Eisen. In der ersten Verbrennungsperiode (von nur ganz kurzer Dauer) werden Si und Mn verbrannt, um mit Kalk eine kieselsäure- und manganoxydulhaltige Schlacke zu bilden, die ihrer Art nach basisch ist, also später Phosphorsäure zu binden vermag. In Periode „2", die 10 - 15 Minuten andauert, verbrennt der Kohlenstoff mit hellbläulicher Flamme; alsdann folgt der Phosphor, der ein nochmaliges Windfrischen von etwa 5 Minuten Dauer verlangt — „Entphosphorungs-Periode". Die sich durch die Verbrennung bildende Phosphorsäure wird vom Kalk der Schlacke aufgenommen und als phosphorsaurer Kalk gebunden. Das Ende dieser Periode wird empirisch bestimmt und nach der Zeit kontrolliert. Auch gestattet eine Probeentnahme aus dem Eisen und eine schnell ausgeführte Schmiedeprobe durch das Aussehen der Bruchfläche, namentlich ihres Kornes[3]), einen Rückschluß auf die mehr oder weniger vollkommene Ausscheidung des Phosphors.

Auch hier schließt sich — allerdings erst nach dem Abgießen der Schlacke[4]), eine Desoxydation des im Eisen gelösten Eisenoxyduls und eine Rückkohlung des Bades an, entweder in der Birne selbst oder auch erst in der Gießpfanne. Zur Rückkohlung wird auch hier reines Roheisen (meist üblich Spiegeleisen), daneben auch feingemahlener reiner Kohlenstoff (schwefelarmer Koks, Graphit) oder solcher in Ziegelform (mit Hilfe gelöschten Kalkes) gepreßt, verwendet. Auch hier wird naturgemäß jede Art Flußeisen, vom weichen bis zum härtesten erzeugt.

Die Dauer der Charge beträgt rd. 15—20 Minuten, der Abbrand i. M. 16%. Rechnet man damit, daß ein mittlerer Konverter etwa 15 t Roheisen faßt und daß

---

[1]) Bei hohem Si-Gehalte müßte auch die Menge an Kalk groß sein, alsdann würde aber viel wertlose Schlacke entstehen.

[2]) Phosphorreiche Eisenerze finden sich in Luxemburg, in Lothringen und bei Peine in gewaltigen Lagern.

[3]) Grobkörniger Querschnitt und Sprödigkeit geben zu erkennen, daß noch nicht aller Phosphor ausgeschieden war.

[4]) Dies ist sehr wichtig, weil sonst der Kohlenstoff des zur Desoxydation zugesetzten Ferromangans usw. den Phosphor aus der Schlacke reduzieren und ins Eisen zurückbringen würde.

in 24 Stunden etwa 40 Chargen ausgeführt werden können, so ergibt sich die mittlere Tagesleistung einer Birne zu rd. 500—600 t, eine Zahl, die bei größeren Konvertern (30 t) bis zu rd. 1500 t steigen kann.

Die Thomasschlacke stellt wegen ihres hohen Phosphorgehaltes (12—25 %) ein sehr wertvolles Nebenprodukt dar, einerseits als Düngemittel[1]), andererseits für den Betrieb des Hochofens und Erzeugung später im Thomas-Verfahren zu verhüttenden Eisens.

Im allgemeinen ist das Thomas-Flußeisen als das gleichmäßigere gegenüber dem Bessemer-Metall das bevorzugte Konstruktionsmaterial; es ist letzterem überall da überlegen, wo es auf leichte Schweiß- und Schmiedearbeit, und Zähigkeit wie Geschmeidigkeit ankommt. Ganz abgesehen davon, daß durch den Thomas-Prozeß sich Deutschland z. T. von fremden Eisenerzen frei gemacht hat, ist deshalb die heute bei uns fast allgemeine Verwendung des basischen Flußeisens nur naturgemäß. Daß in gleicher Art die Verhältnisse bei dem durch den Siemens-Martinprozeß gewonnenen Flußmaterial liegen, sei besonders hervorgehoben.

Während für die Schienenherstellung früher ein hoch siliziumreicher Stahl, also ein saures Metall, besonders wegen seiner hohen Härte und geringen Abnutzung beliebt war, ist es heute gelungen, auch dem Thomaseisen durch geeignete Bemessung seiner Beimengungen die gleichen Eigenschaften zu verleihen.

Für Gußzwecke findet hingegen das saure Metall ausschließlich Anwendung. Die hier verwendeten Konverter sind klein, und nehmen nur 0,5—2,0 t Roheisen auf — „Kleinbessemerei". Die Anwendung erstreckt sich auf die Erzeugung von Stahlformenguß und Temperguß (S. 449 u. 458), wobei die starke Erhitzung des Stahles und das geringe Chargengewicht das Gießen dünnwandiger oder kleiner Formstücke gestatten, bis herab zu 3 mm Wandstärcke. Auch lassen sich alle Qualitäten von sehr weich bis sehr hart erzielen.

§ 78. Das Siemens-Martin-Verfahren.

Obwohl es bereits in der Mitte des letzten Jahrhunderts gelungen war, in Tiegeln — also in ziemlich beschränkten Betrieben — Roheisen und Schmiedeeisen zu Stahl zusammenzuschmelzen, wollte es nicht gelingen, dies Verfahren unter Anwendung eines Flammofens ins Große zu übertragen; es war hier nicht möglich, die erforderliche Temperatur zu erzielen. Dies gelang jedoch (1865) den Brüdern Emil und Pierre Martin in Sireuil, als sie in ihrem Flammofen die Siemenssche Regenerativ-Feuerung zur Anwendung brachten; deshalb wird das gesamte Herstellungsverfahren mit Recht als Siemens-Martin-Prozeß bezeichnet.

Neben der Vereinigung von Roh- und Schmiedeeisen durch Zusammenschmelzen — also der Erzeugung eines mit mittlerem Kohlenstoffgehalte versehenen, schmiedbaren Eisens — werden durch die sauerstoffhaltige Flamme z. T. auch durch Einwirkung besonderer Zusätze (Sinter) und einer Schlacke die Nebenbestandteile verbrannt bzw. in

[1]) Um hochphosphorhaltige Thomasschlacke zu gewinnen, wird manchmal vor Beginn der Entphosphorungsperiode die Schlacke abgegossen und neuer Kalk zugefügt, der nun naturgemäß stark an Phosphor sich anreichert (Scheiblers Verf.), während die Schlackenmenge gering ist. Als Düngemittel kommt die Thomasschlacke gemahlen, „Thomasmehl" in den Handel. Da die Düngewirkung um so besser ist, je mehr sich die Phosphorsäure in einem für organische Säuren löslichen Zustande befindet, wird der Schlacke beim Erstarren vielfach Kieselsäure in Form feinen Sandes zugesetzt.

die Schlacke übergeführt. Auch hier wird heute wie beim Bessemer und Thomas-Verfahren die Verbrennung des Kohlenstoffes so weit getrieben als erreichbar und dann das Eisen rückgekohlt. Hierbei kann — abgesehen von dem Kohlenstoffgehalte und der Gewinnung von Flußeisen oder Flußstahl — dem Eisen auch jede beliebige Zusammensetzung gegeben werden; durch Ferrosilizium wird es z. B. siliziumreich, während Nickel, Vanadium, Molybdän, Chrom, Titan usw. ihm besondere, z. T. hervorragend wertvolle Eigenschaften verleihen können; ebenso ist hier je nach der Ausfütterung des Ofens ein saurer und ein basischer Prozeß wie beim Konverter möglich, wobei — gleich wie dort — der basische der meist durchgeführte ist. Es hat dies, neben den hervorragenden Eigenschaften des basisch gewonnenen Flußmetalls, vorwiegend darin seinen Grund, daß bei dem Siemens-Martin-Prozesse als Schmiedeeisen meist Abfälle und Altmaterial Verwendung finden und daß es bei ihrer Einschmelzung im basischen Ofen möglich ist, jede normale Beimengung[1]) — namentlich P — zu beseitigen, während beim sauren Prozesse das Altmaterial sehr vorsichtig ausgewählt werden muß; ein saurer Herd findet fast nur zum Formguß Verwendung oder für wirklichen Stahl; weichere Flußeisensorten werden fast ausschließlich basisch gewonnen.

Der im Siemens-Martin-Verfahren benutzte Ofen (Abb. 4) ist ein geschlossener Flammofen, an den unmittelbar die Siemens-Wärmespeicher angebaut sind. Letztere bestehen aus 2×2 Kammern, von denen je 2 zusammenarbeiten und zwar in der Art, daß aus der einen Kammer Generatorgas[2]), aus der anderen Luft nach dem Herde strömt, während die vom Ofen nach ihrer Verbrennung abziehenden Gase vor ihrem Abgange zum Schornstein erst durch das andere Paar der Kammern gelangen und hierbei diese stark erwärmen. Es ist durch eingebaute Schieber dafür Sorge getragen, daß bald das eine, bald das andere Kammerpaar Luft und Gas nach dem Herd entsendet bzw. durch die abgehenden Feuergase geheizt wird.

Über dem wannenförmigen Herde treffen Gas und Luft zusammen und verbrennen hier unter Erzeugung einer sehr erheblichen Hitze (bis 1800°), und zwar ist dafür gesorgt, daß die schwere Luft oberhalb des Gases eintritt, damit einerseits beide sich gut mischen und andererseits die Flamme nach unten zu, d. h. nach dem Herde gedrängt wird, um hier möglichst mit dem Einsatze in Berührung zu kommen.

Die Ausmauerung des Herdes ist die gleiche wie beim Windfrischen und dessen Arten; beim basischen Verfahren ist der Herd durch eine Schicht schwer schmelzbarer Mangnesit- oder Chromeisensteine von dem sonst sauren Ofenmauerwerk getrennt; auch ist hier zur Phosphorbindung und Schlackenbildung die Einbringung von Kalk notwendig.

Der Betrieb im Martinofen ist der folgende:

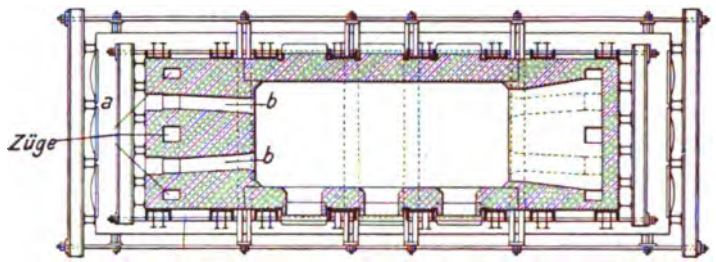
In den entweder frisch angeheizten oder von der letzen Charge noch glühenden Ofen wird vermittelst der drei in der Längsseite angeordneten Einsatztüren das Roheisen (normal 25—35 % der Gesamtbeschickung) und das Schmiedeeisen (Abfälle, „Schrott“ genannt) i. d. R. von Hand aus eingebracht — eine Arbeit, die meist 2½—3 Std. Zeit erfordert, aber bei maschineller Beschickung in neuerer Zeit auf etwa ⅓ herabgesetzt werden kann. Nach etwa 1 Stunde ist der Einsatz durch die Wirkung der Flammen

---

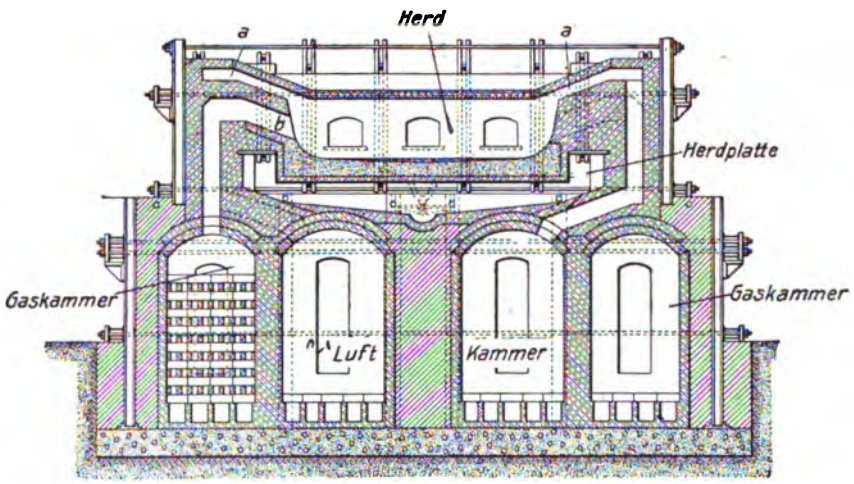
[1]) Schwefel darf im Altmaterial kaum enthalten sein; er ist im Gange des Prozesses nicht zu entfernen, wenn nicht der Einsatz einen erheblichen Mn-Gehalt besitzt, der die Ausscheidung begünstigt.

[2]) Generatorgas wird erzeugt durch Vergasen von Kohle durch einen Luft- und Wasserdampfstrom und zwar in einem schachtförmigen mit Rost versehenen Ofen — dem Vergaser; es besteht meist aus 30 % CO, 60 % N, 2 % CO_2, 6 % H und 2 % Methan.

niedergeschmolzen, zum Teil auch — namentlich soweit Si und Mn[1]) in Frage kommen — bereits oxydiert. Die Umwandlung des Kohlenstoffes in CO zeigt sich auch hier an einem Aufkochen des Bades, das trotz hiermit sich erhöhender Schmelztemperatur infolge der Selbsterwärmung und der Flammenwirkung flüssig bleibt. Der Garbrand gibt sich durch Nachlassen des Kochens zu erkennen und wird durch Entnahme einer Probe, Ausschmieden dieser unter dem Schnellhammer, Abschrecken, Zerbrechen und Beurteilung des Bruchquerschnittes kontrolliert.

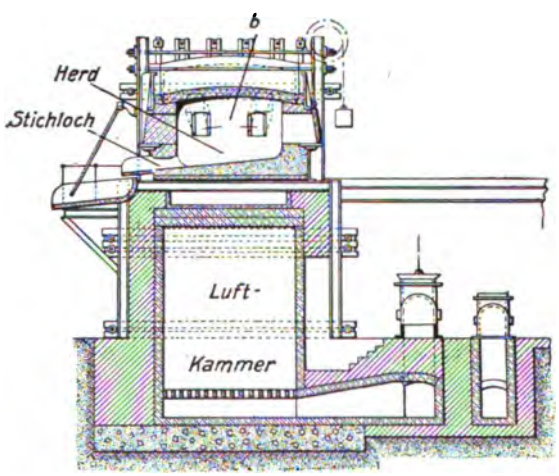


a Grundriß



b Längsschnitt

Eine Abkürzung des Verfahrens kann durch Zusatz von Hammerschlag, Sinter u. dgl. erfolgen, deren Sauerstoffgehalt den Kohlenstoff schnell oxydiert, während die Ausbeute an metallischem Eisen zunimmt; eine Verlängerung der Charge ist — naturgemäß — durch einen höheren Gehalt an Roheisen bedingt, da hier mehr Beimengungen zu verbrennen sind.



c Querschnitt

Abb. 4 a—c. Siemens-Martinofen.

Der Einsatz im Ofen ist sehr verschieden groß; er schwankt meist zwischen 12 und 40 t und beträgt selten 70 t und mehr[2]). Da bei Einsetzen von Hand aus in 24 Stunden 3—5, bei maschineller Beschickung 4—7 Chargen ausgeführt werden können, beträgt bei einem mittleren Abbrande

[1]) Eine basische Schlacke verzögert die Verbrennung von Mn, das alsdann in geringen Mengen (ca. 0,3%) im Flußmetall zurückbleibt.

[2]) In Amerika und England werden Martinöfen mit kippbarem Herde verwendet und einem Fassungsvermögen bis 250 t.

von 7—8 %[1]) die Tagesleistung eines 20 t Ofens rund 55—90 bzw. 75—130 t. Der Kohlenverbrauch wird an Gewicht zu 25—35 % des gewonnenen Flußeisens angegeben.

Das Ablassen des Eisens, das dem, den Einsatztüren gegenüberliegenden Stichloche im hellleuchtenden Strahle entfließt, findet durch Rinnen in Gießpfannen und von hier aus — wie beim Windfrischen — in Kokillen statt.

Die Schlacke des Siemens-Martin-Verfahrens bildet fast stets ein nicht weiter ausnutzbares Abfallprodukt; selbst beim basischen Betriebe ist der P-Gehalt meist ein so geringer, daß die Verwendung als Düngemittel nicht in Frage kommt; auch ist die Eisen- und Mangan-Menge i. d. R. keine solche, daß sich eine Wiederverhüttung im Hochofen lohnt.

---

§ 79. Besondere Verfahren zur Flußeisen- und Flußstahl-Herstellung, Umwandlung durch Glühen.

a) Abarten des Siemens-Martin-Verfahrens, b) das Tiegelverfahren, c) das Zementieren und d) das Tempern.

a) Neben dem normalen Siemens-Martin-Verfahren gibt es noch eine Anzahl von ihm abgeleiteter Prozesse zur Herstellung von Flußmetall, welche auf einer Erhöhung der Leistung, namentlich durch Verwendung größerer Mengen von Roheisen, sowie auf der Abkürzung der Chargen-Zeit und der hierdurch bedingten Vereinigung des Flammofenbetriebes mit dem Windfrischen beruhen; auch wird zu gleichem Zwecke bei manchen Prozessen das Roheisen in bereits flüssigem Zustande in den Martinofen eingelassen. Von den hierher gehörenden Verfahren sind als vorwiegend von örtlicher Bedeutung kurz zu erwähnen:

α) Das Mitkowitzer, auch Duplex-Verfahren[2]) genannt. Hierbei wird das aus dem Rohmischer kommende Eisen im Konverter wenige Minuten vorgefrischt, um das Silizium zu verbrennen, und alsdann zur Entkohlung und Beseitigung des Phosphors in den basischen Martin-Ofen geleitet. Es eignen sich hierfür nur solche Erze, welche einen hohen Silizium- und einen mittleren Phosphorgehalt besitzen und deshalb weder für den reinen Bessemer-Prozeß noch für den basischen Konverter-Betrieb verwendbar sind.

β) Das Roheisenerz-Verfahren. Verwendet wird eine Art Martin-Ofen, auf dessem Herde Eisenerze erhitzt und mit flüssigem Roheisen gemengt werden. Hierbei geht durch den Sauerstoff der Erze schnell eine Verbrennung der Beimengungen im Eisen vor sich: die Ausbeute ist eine besonders gute. Manchmal werden auch Eisenabfälle (etwa 20 % Schrott) der Beschickung zugesetzt.

γ) Ähnlich ist das Hoesch'sche Verfahren, bei dem flüssiges Roheisen und Erze in einem Ofen zusammengeschmolzen werden. Die sich bildende Schlacke nimmt zunächst Silizium auf, wird dann mit dem Eisen in eine Pfanne abgestochen und hier abgegossen. Das zurückbleibende Eisen gelangt schließlich zur Verbrennung des Kohlenstoffes und zur Entphosphorisierung in den Ofen zurück.

δ) Beim Bertrand-Thiel-Verfahren werden zwei basische Martin-Öfen verwendet, in deren ersterem das eingebrachte Roheisen durch Vermittlung von Erzen und

---

1) Naturgemäß ist der Abbrand auch abhängig vom Altmaterial und namentlich der Stärke der einzelnen Stäbe, da dünne verhältnismäßig leicht verbrennen; auch kommt hier die günstige Beeinflussung der Eisenmenge durch Sinter, Hammerschlag usw. in Frage.

2) Der Name erklärt sich daraus, daß hier gewissermaßen das Bessemer-Verfahren mit dem Martin-Prozesse vereinigt ist.

Kalkzuschlägen von der größten Menge seiner Beimischungen, auch Phosphor, befreit wird, während — nach Abguß der Schlacken — das Eisen im zweiten Ofen und zwar unter erneutem Schlackenzusatze, weiter gereinigt wird.

Bei Verwendung phosphorhaltiger Erze und gleichartigen Roheisens ist die dem ersten Ofen entnommene Schlacke reich an P, der Thomasschlacke gleichwert, und wie sie geschätzt und verwendet.

Die Leistung eines Ofenpaares in 24 Std. wird zu 140 t Flußeisen oder Flußstahl angegeben.

ε) Bei dem vorwiegend in Amerika beliebten Talbot-Verfahren wird ein großer Kippofen verwendet, in den nach Einführung von Eisenerz, Kalkstein usw. Roheisen aus dem Hochofen oder Mischer eingelassen wird. Die gleich beginnende Oxydation der Eisenbeimengungen zeigt sich an dem heftigen Aufkochen des Roheisens. Läßt dies nach, wird die Schlacke abgegossen und neues Erz zugesetzt und dies so lange wiederholt, bis das Eisen seine gewünschte Kohlung zeigt. Schließlich werden etwa $^2/_3$ der zweckmäßig 100—300 t betragenen Charge abgegossen, während $^1/_3$ derselben zur Fortsetzung des Prozesses im Ofen verbleibt.

Ähnlich sind das Verfahren von Monell und der continuierlich in einem feststehenden Martinofen mit mehreren übereinanderliegenden Abstichöffnungen verlaufende Surczycki-Prozeß.

b) Das Tiegelverfahren bezweckt die Herstellung von besonders gleichartigem und reinem Flußstahl in feuerfesten Tiegeln; es ist, neben dem Zusammenschmelzen von Roh- und Schmiedeeisen[1]) vorwiegend ein Veredelungsverfahren sowohl von Schweißstahl als auch von Bessemer- und Martinstahl. Das von Krupp in Essen im Jahre 1851 für den Großbetrieb erschlossene Verfahren benützt zum Schmelzen des Stahles mit Deckeln versehene, 10—50 kg Eisen fassende Tiegel aus möglichst reinem Graphit und soviel feuerfestem Ton, daß sich die Masse gerade verformen läßt; dies geschieht entweder von Hand aus oder auf maschinellem Wege. Die fertiggestellten Tiegel werden sehr vorsichtig getrocknet, kalt beschickt und erst alsdann der Glühhitze ausgesetzt. Für den Kleinbetrieb stehen sie in besonderen, selbst drehbaren Öfen, die mit ihnen gekippt werden, während in Großbetrieben eine ganze Anzahl von Tiegeln in einem kanalartigen Flammofen mit Siemens'scher Regenerativfeuerung Aufnahme finden. Diese Öfen liegen vielfach mit ihrer Oberfläche (ältere Anlage) in der Höhe des Hüttengeländes, also vorwiegend unter der Erde und gestatten alsdann bei Zerlegung ihrer Decke in eine Anzahl aufnehmbarer Platten, bequem von oben aus das Schmelzen des Stahles in den zu diesem Zwecke geöffneten Tiegeln — an Anzahl 10—50 — zu verfolgen. In neuerer Zeit sind aber auch oberirdische Öfen mit Raum für etwa 50 bis 100 Tiegel und seitlichen Türen zur Beobachtung und Kontrolle des Schmelzvorganges erbaut worden. In 24 Stunden können 3—5 Chargen erledigt werden, sodaß bei 30 kg Tiegelinhalt und z. B. 50 Stück dieser die tägliche Leistung des Ofens bis zu 7,5 t besten Stahles beträgt. Während im Kleinbetrieb der an seinem Platze verbleibende Tiegel etwa 20 mal benutzt werden kann, pflegt man die Tiegel im Großbetriebe, weil mit ihrer öfteren Benutzung und Abkühlung die Gefahr des Zerspringen wächst, i. d. R. nur einmal zu verwenden.

Die chemischen Vorgänge bei der Verfeinerung des Stahls sind ziemlich verwickelte, weil nicht nur das im Einsatz enthaltene oder als Rost an ihm haftende Eisen-

[1]) Stahl durch Zusammenschmelzen von Erzen und Roheisen zu erzeugen — nach dem Erfinder Uchatius-Stahl genannt — hat sich im Hinblicke auf die Verunreinigung der Erze nicht bewährt.

oxydul eine oxydierende Wirkung auf den Kohlenstoff des eingesetzten Stahles ausübt, sondern auch die Wandungen des Tiegels chemisch in der Art reagieren, daß aus ihnen sich Kohlenstoff ausscheidet und ins Eisen geht. Nur hierdurch erklärt sich die nicht selten beobachtete Erscheinung, daß beim Schmelzen der Kohlenstoffgehalt des Stahles zunimmt.

Ähnlich wirkt auch das in dem Tiegel enthaltene Silizium; auch Schwefel könnte sich — gefahrbringend — in gleicher Weise äußern, weshalb auf eine vollkommene Freiheit der Tiegelmaterialien an diesem Stoffe besondere Rücksicht zu nehmen ist. Vollkommen unverändert im Einsatz bleibt Phosphor und Schwefel; es müssen also die Einsatzmaterialien frei von diesen Stoffen sein.

Das Erzeugnis ist meist Stahl, aber auch weiches, dann für besondere Zwecke verwendbares Flußeisen; weil dessen Schmelztemperatur aber sehr hoch liegt, werden bei seiner Umschmelzung die Tiegel besonders stark angegriffen. Da man die genaue chemische Zusammensetzung des Einsatzes und etwaiger Beimengungen kennt, ist auch die endliche Zusammensetzung des Erzeugnisses von vorneherein bekannt; dies gilt namentlich auch von der Herstellung hoch wertvoller, besonders harter Sonderstähle durch Hinzufügung von Nickel, Vanadium, Wolfram, Chrom, Molybdän usw. — vielfach in Form von Eisenlegierungen — zum Tiegelinhalt.

Der Betrieb geht in der Art vor sich, daß der Stahl in 20 mm starken Stäben mit quadratischem Querschnitte ausgewalzt, zerkleinert und stückweise in die meist noch kalten Tiegel gebracht wird. Nach Erhitzung bis zur Rotglut kommen letztere dann in den glühenden Schmelzofen; in wenigen Stunden ist der Stahl dünnflüssig geschmolzen, nachdem er eine „Aufwallperiode“ durchgemacht hat; er bleibt alsdann noch eine Zeit stehen, um „nachzukochen“ und wird dann unmittelbar zum Gießen verwendet. Hierbei werden bei größeren Gußstücken die Inhalte mehrerer Tiegel zunächst in Gießeimer, Trichter u. dgl. entleert, aus denen schließlich das Gießen in einheitlicher Weise erfolgt.

Sehr häufig wird neben Schweiß- und Flußstahl auch der weiter unten erwähnte Zementstahl durch Umschmelzen im Tiegel gleichartig gemacht und gereinigt, namentlich dann, wenn er aus Flußeisen gewonnen wurde.

c) Zementstahl. Während das übliche Verfahren, Stahl zu gewinnen, vom Roheisen ausgeht und dessen Kohlenstoff verringert, wird auch der umgekehrte Weg gegangen, Stahl aus schmiedbarem Eisen (Schweiß- und Flußmetall) durch Anreicherung dieses mit C zu erzeugen, ein Prozeß, der den Namen „Zementieren“ führt und „Zementstahl“ liefert[1]). Zu diesem Zwecke werden dünne Stäbe aus schmiedbarem Eisen von 10—20 × 50—100 mm Querschnittsabmessung in gemauerten Kästen in reines Holzkohlenpulver, luftdicht verschlossen, gepackt und bis zu etwa 12 Tagen Dauer einer Hitze von rund 1000° C ausgesetzt; in dieser Zeit wandert der Kohlenstoff in das Eisen von außen nach innen, bewirkt so eine Anreicherung dieses an C, und wandelt allmählich das Schmiedeeisen in Stahl von 0,8—1,5 % C um; naturgemäß ist der erzeugte Stahl kein gleichmäßiger, namentlich im Hinblicke auf die Verteilung von C und Schlackeneinschlüsse; zudem zeigt seine Oberfläche Blasen, während sein Querschnitt eine grobblätterige Struktur aufweist. Deshalb ist eine Raffinierung nicht zu umgehen, die, wie oben bereits erwähnt wurde, bei aus Flußeisen gewonnenem Zementstahl durch Umschmelzen in Tiegeln vor sich geht, bei Schweißeisen als Ausgangsstoff aber i. d. R.

---

1) Das Verfahren findet in England zur Erzeugung besten Werkzeug- und Schneidestahls in der Gegend von Sheffield, in Deutschland in Solingen und Remscheid Anwendung.

durch Paketierung der einzelnen Stäbe, Erhitzen, Auspressen der hierbei flüssig werdenden Schlacke und Auswalzen oder Pressen bewirkt wird. Hierbei gleicht sich auch der Kohlenstoff durch Abgabe an kohlenstoffarme Teilchen ziemlich aus. Der auf diese Weise gleichartig gemachte Stahl führt den Namen Gärbstahl.

Dauert der oben angegebene Prozeß nur kurze Zeit (etwa 12 Stunden), so wird das schmiedeeiserne Stück nur oberflächlich verstählt d. h. gehärtet, ohne daß der feste Zusammenhang des ganzen Eisens gestört wird.

d) Unter Glühfrischen oder Tempern versteht man die Umwandlung dünnwandiger Gußteile aus Weißeisen in schmiedbares Eisen. Hierzu bedarf es also einer Verminderung des Kohlenstoffes, also seiner Oxydation im Weißeisen. Dies wird durch Einpacken der Gußstücke in eiserne Behälter zwischen gepulvertem Rot- oder Spateisenstein erreicht, und durch ein sich anschließendes Einsetzen der Eisenkästen in einen Flamm- oder Herdofen und Erhitzung dieser bis zu rd. 900° C.

Hierbei scheidet sich aus dem Eisenerzpulver Sauerstoff ab und oxydiert den Kohlenstoff des Weißeisens, der allmählich vom Innern der Gußwandung nach außen vorrückt und somit eine von hier nach dem Innern zu fortschreitende Umwandlung des Weißeisens in Schmiedeeisen bewirkt. Es entsteht ein zähes, weiches, schmiedbares Gußstück — Temperguß — mit einem C-Gehalte, der bis 0,1 % herabgehen kann. Da eine solche Umwandlung nur bei chemisch im Eisen gebundenem Kohlenstoffe möglich ist, so kann nur Weißeisen zur Erzeugung des Tempergusses Verwendung finden.

Die Benutzung des Materials erstreckt sich vornehmlich auf Maschinenteile kleineren Umfanges.

§ 80. Die Herstellung von Stahl auf elektrischem Wege[1]).

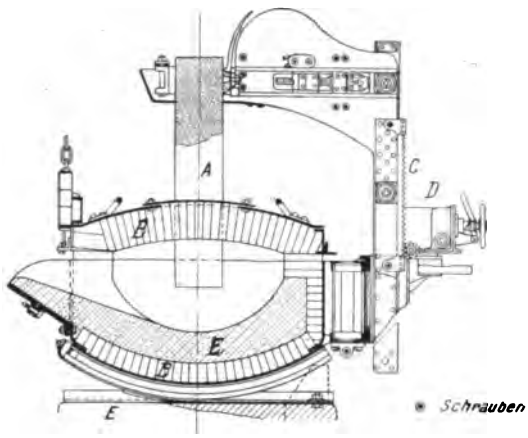
Bei der Stahlherstellung, eigentlich Raffinierung, dient die elektrische Energie ausschließlich als Wärmequelle. Die Vorbedingungen für den Betrieb sind geringe Kosten der elektrischen Kraft — bedingt durch die Entwickelung der Gichtgasmaschine[2]), sowie meist die Vorbehandlung des Eisens im basischen Wege (vgl. S. 450).

Als Einsatzmaterial findet das im basischen Konverter oder im basischen Flammofen bereits vorgefrischte — entkohlte — flüssige Material oder eine bestimmten Menge kalten Roheisens, welchem nach der Verflüssigung kalter Eisenschrott bis zur Entkohlung zugesetzt wird, Verwendung. In beiden Fällen werden durch die Einwirkung hochbasischer Schlacken alle schädlichen Beimengungen des Eisenbades aufgenommen; es bleibt beliebig gekohltes, raffiniertes Eisen bester Art zurück. Für die Reinheit des erzeugten Eisens ist hierbei die durch den elektrischen Strom sehr leichte und einfache Regulierbarkeit der Wärmequelle von besonderer Bedeutung. Da während des Betriebes mehrfach ein Abgießen der Schlacke zur Entfernung der Verunreinigungen am Platze ist, werden die elektrischen Öfen derart konstruiert, daß sie

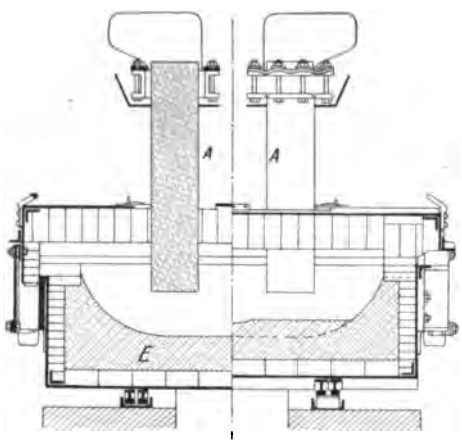
---

1) Vgl. u. a. J. Kollmann, Das Elektroeisen und seine Verwendung im Eisenbau. Eisenbau 1910. Heft 1 S. 33. Heft 2 S. 74 und Heft 3 S. 115.

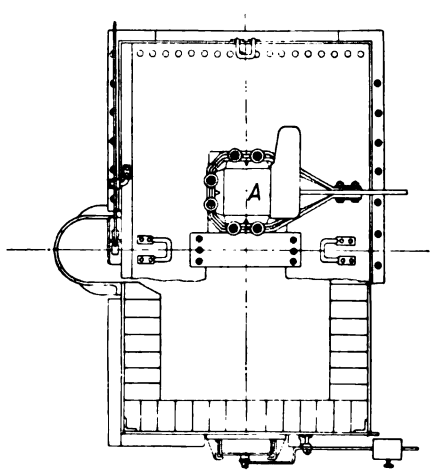
2) Es verdient hervorgehoben zu werden, daß die Erzeugungskosten des Drehstromes — ohne Verzinsung und Abschreibung der Anlagen — zwischen der Grenze von 1,4—2,5 Pfennig bei unseren Hüttenwerken liegen. Mit derartigen niedrigen Selbstkosten können Talsperren oder die Ausnutzung natürlicher Wasserkräfte nur in ausnahmsweise günstigen Fällen in Wettbewerb treten.



a Querschnitt



b Längenschnitt



c Grundriß

Abb. 5a—c. Elektrodenofen nach Héroult.

um eine wagerechte Achse gekippt werden können, wobei zum Schlusse die fertige Charge entleert wird. In ihrer äußeren Form gleichen die elektrischen Herd-Öfen den älteren Flammöfen mit länglichem Grundrisse; auch fügt sich das Verfahren gut in den gesamten Eisenwerkbetrieb hinein, da es ja nur die Einschaltung eines neuen Qualitätsprozesses in die neuzeitliche Flußeisenherstellung bedingt[1]), und sich bestens in diesem Sinne an die durch den Thomas- oder den basischen Martin-Siemensprozeß gegebene Erzeugung im großen anschließt.

Nach der Art, in der die elektrische Energie des Ofens in Wärme umgesetzt wird, und auf das Schmelzgut einwirkt, unterscheidet man: I. Elektrodenöfen und II. Induktionsöfen. Während erstere auf der Bildung des elektrischen Lichtbogens zwischen 2 oder 3 Kohlenstücken beruhen und hierdurch das Schmelzgut unmittelbar erwärmen, bedient man sich bei den Induktionsöfen der Transformatoren, mittelst deren aus einer primären Wickelung in den mit dem Schmelzgut besetzten, ringförmigen Heizkanälen des Ofenherdes ein sekundärer, in sich kurz geschlossener Stromkreis von großer Stromstärke gebildet wird. Von den vielen hier vorgeschlagenen Systemen haben bisher nur von Gruppe I die Öfen von Héroult und Stassano, von II der von Kjellin, verbessert durch Röchling und Rodenhauser eine größere praktische Bedeutung erlangt.

Der Héroult-Ofen, dessen Grundriß, Quer- und Längsschnitt aus der Abb. 5a—c zu ersehen ist, arbeitet mit Einphasen-Wechselstrom von 100 Volt Spannung. Die beiden senkrecht beweglichen Kohlen-Elektroden (A A) sind in einer wassergekühlten Fassung durch das Gewölbe des Herdofens geführt und reichen in das im basischen Ofen befindliche, flüssige Eisenbad hinein. Durch besondere Vorrichtungen ist dafür gesorgt,

[1]) Das neue elektrische Verfahren erscheint besonders geeignet, den Frischprozeß im alten Puddelofen, daneben den Betrieb der Tiegelstahlöfen zu verdrängen oder sehr erheblich einzuschränken.

daß der zwischen beiden Elekroden laufende Lichtbogen eine möglichst gleichbleibende Spannung von 55 Volt erhält. Das Ablassen der Schlacke und der Abstich der Beschickung erfolgt durch Kippen des ganzen Ofens. In Verbindung mit ihm steht meist ein ebenfalls kippbarer Martin-Ofen von etwa 8 t Fassung, der den elektrischen Ofen zeitweise mit dem vorgefrischten, flüssigen Material — etwa $1^1/_2$ bis 2 Tonnen — versieht.

Bei Beginn des Raffinationsprozesses wird das flüssige Eisen auf dem Herde des elektrischen Ofens mit oxydierender Schlacke bedeckt, die nach $^3/_4$stündiger Einwirkung, unter der fortgesetzten Betätigung des Lichtbogens durch Kippen des Ofens entfernt wird. Nunmehr erfolgt zum Zwecke der Desoxydation des Eisenbades der Zusatz von festem Kohlenstoff in Form von Retortenziegeln und von kleinen Manganerzmengen, endlich von eisenfreiem Kalk. Die sich hierbei bildende, stark basische Kalkschlacke nimmt den gesamten Phosphorgehalt des Bades in sich auf; auch erfolgt in einer weiteren Periode die Entfernung des Schwefels bis auf geringe Spuren. Zur Beendigung der „Charge" dient der Zusatz von gekohltem Eisen durch Beifügung entsprechender Mengen von Ferromangan oder Ferrosilizium[1]).

Der Drehstromofen von Stassano eignet sich zur Erzeugung von sehr weichem schmiedbarem Flußeisenguß, also zur Herstellung eines Eisens, wie es z. B. das schwedische Herdfrischeisen ist. Zur Raffination dienen hier 3 Kohlenelektroden. Der Einsatz, aus möglichst weichem Schrott und Drehspänen bestehend, wiegt 1 t, die Charge dauert etwa $4^1/_2$ Stunden.

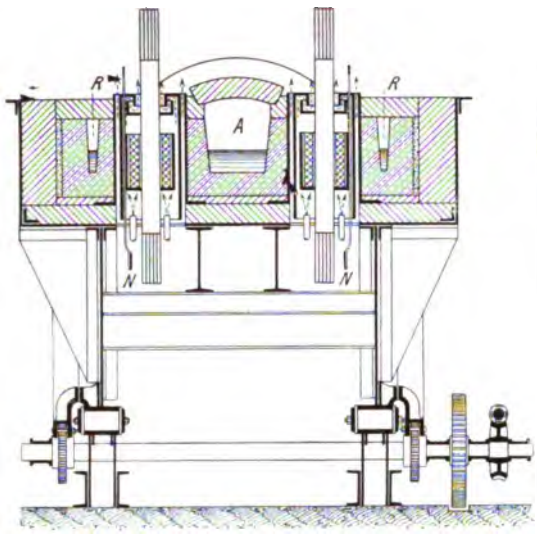
Während bei den Drehstromöfen die Charge stets vollkommen abgelassen wird, läßt man bei den Induktionsöfen immer einen entsprechenden Teil dieser im Ofen zurück, um eine stärkere Abkühlung des Ofens und den hiedurch bedingten Stromverlust zu vermeiden.

Bei dem von dem Schweden Kjellin 1899 in Betrieb gesetzten Ofen besteht der von dem Wechselstromtransformator beeinflußte sekundäre Stromkreis aus einer einzigen, kurz geschlossenen Windung. In dieser wird mit so großer Stromstärke gearbeitet, daß der den sekundären Stromkreis bildende Leiter — das Schmelzgut — in flüssigem Zustande erhalten bleibt.

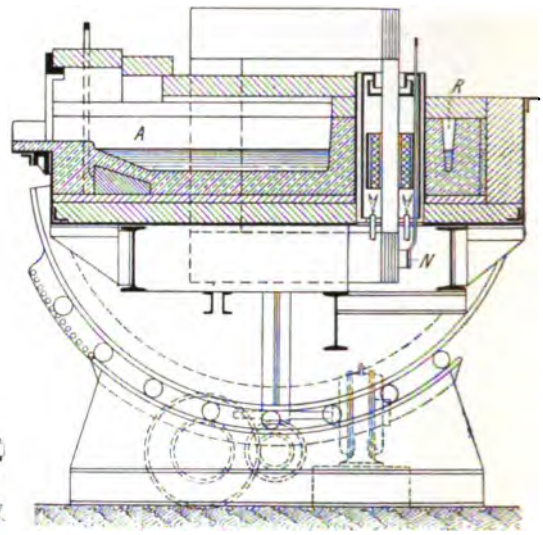
Da bei dem ursprünglichen Ofen infolge Mangels eines eigentlichen Arbeitsherdes nur ein Zusammenschmelzen bereits sehr reiner Eisenarten — ähnlich wie im Tiegelprozesse — möglich war, das Verfahren aber bei unreinerem Eisen versagte, so wurde der Ofen auf dem Röchling'schen Eisenwerke in Völklingen a. d. Saar durch die Ingenieure Röchling und Rodenhauser wesentlich umgebaut und verbessert. Der aus der Abb. 6 a—c zu ersehende, umgeänderte Ofen zeigt in seiner Mitte einen Arbeitsherd zwischen den Transformatoren gelegen. Um das im Arbeitsherde stehende Schmelzgut, welches der unmittelbaren Einwirkung des sekundären Stromkreises entzogen ist, auf die notwendige Temperatur zu bringen, wurde für den Arbeitsherd eine besondere Widerstandsheizung eingebaut. Die Anordnung ist derart getroffen, daß ein Strom mittelst in die Wandungen des Arbeitsherdes eingesetzter, kupferner Polscheiben, die hier von einer, nur bei hoher Temperatur leitenden feuerfesten Masse bedeckt sind, in das Eisenbad und die auf demselben stehenden Schlacke geleitet wird. Der Röchling-Rodenhauser'sche Ofen stellt also eine Vereinigung von Kurzschluß und Widerstandsheizung dar; er ist

[1]) Bei flüssigem Eiseneinsatz beträgt der Stromverbrauch für die Tonne fertigen Elektrostahles mittlerer Härte etwa 385 Kilowattstd., während die Kosten des Elektrodenverbrauches 2,5—1 M. betragen. Der Abbrand wird bei flüssigem Einsatz zu 3—$2^1/_2$ v. H., bei kaltem zu 6 v. H. angegeben.

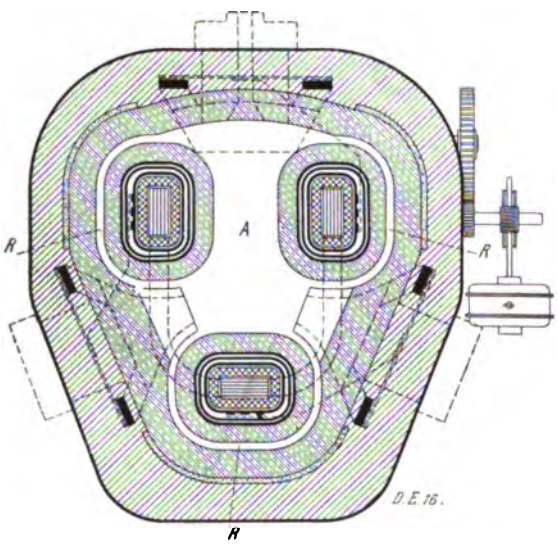
sowohl für flüssigen wie kalten Einsatz verwendbar[1]) und für beide Beschickungsarten bewährt, und namentlich durch seine ruhige, stoßfreie Arbeit und die Vermeidung jeder störenden Rückwirkung auf das Leitungsnetz ausgezeichnet.



a) Querschnitt



b) Längenschnitt



c) Grundriß ohne Ofengewölbe

Abb. 6 a—c. Drehstromofen nach System Röchling-Rodenhauser für 1,5 t Einsatz.

Der Einsatz des in Abb. 6 dargestellten Ofens beträgt 1,5 t[2]); die Spannung beträgt 450 Volt; ein Anschluß an jedes normale Drehstromnetz ist möglich. Der innere Ofenraum, der Arbeitsherd, hat rund 0,5 m Breite; an ihn schließen sich die Schenkel der drei in den Ofen eingebauten Transformatoren und die um diese ringförmig laufenden, mit dem Herde in Verbindung stehenden Heizkanäle (R in Abb. 6) an. Die in den Ofenwandungen angebrachten 6 Polscheiben sind deutlich in schwarz eingetragen. Der ganze Ofenkasten ist von einem Mantel aus starkem Eisenblech umgeben[3]).

Nach den bisher vorliegenden Betriebsergebnissen kann die Wirtschaftlichkeit der Erzeugung von Qualitäts-

[1]) Zunächst wurde nur flüssiges Eisen aus dem basischen Konverter verarbeitet; später aber verwendete man mit günstigem Erfolge einen zur Hälfte aus flüssigem Thomaseisen, zur Hälfte aus weißem Schrott bestehenden Einsatz.

[2]) Im Jahre 1908 ist ein Ofen für 8,5 t Einsatz erbaut worden.

[3]) Ein Ofen für 1,5 t Einsatz mit allem Zubehör kann für rund 42000 M. hergestellt werden; dieser Ofen kann in 24 Stunden bis zu 7 Chargen von je 700 kg liefern. Unter Annahme eines Strompreises von 4,5 Pfg. ergeben sich die Kosten für eine Tonne Elektroeisen über den Vorbereitungsprozeß hinaus (Flußeisen) zu 30—35 M. Bei größeren Öfen ermäßigt sich diese Zahl auf 20—25 M.

stahl — namentlich kommen hier Stahllegierungen mit Nickel, Wolfram, Titan usw. in Frage — als erwiesen angesehen werden, um so mehr als hier ganz bestimmte Stahlsorten in ganz genauer Zusammensetzung mit großer Betriebssicherheit hergestellt werden können. Die nachfolgende Zusammenstellung läßt die technischen Eigenschaften des Elektroeisens erkennen.

Probe-Nr.	Streckgrenze kg/qmm	Dehnung v. H.	Zugfestigkeit kg/qmm	
1	22,4	40,0	32,8	
2	22,8	40,0	32,2	
3	25,3	42,5	34,3	
4	25,3	40,0	36,1	
5	30,0	34,0	44,2	
6	33,2	28,5	48,5	Konstruktions-
7	33,4	27,5	53,6	material
8	38,7	22,5	61,6	
9	45,2	25,0	66,6	
10	40,6	21,0	67,4	
11	47,2	16,0	81,3	
12	53,7	17,5	83,1	
13	55,4	12,5	99,3	Werkzeugstahl
14	—	10,0	112,0	

Aus der Tabelle folgt vielfach eine hervorragend hoch liegende Streckgrenze und eine ungewöhnliche Zähigkeit. Im Bruche ist das Elektroeisen sehr gleichmäßig; seine Bearbeitungsfähigkeit im Schmiedefeuer, unter der Walze und dem Hammer ist eine ausgezeichnete, seine Schweißbarkeit vortrefflich.

Elektroeisen stellt demgemäß ein hochbedeutungsvolles Konstruktionseisen für die Zukunft dar; namentlich wird das auch von seiner Verwendung als Oberbaumaterial gelten, um so mehr als in Völklingen mit derartigen Schienen für englische Bahnen angestellte Versuche die besten Erfolge hatten, namentlich bezügl. der Zähigkeit des Stoffes, seinem hierdurch bedingten, großen Widerstande gegen Stoß und Schläge, wie Durchbiegungen.

Kapitel XXVI.

Die Formgebung des Eisens.

§ 81. Das Gießen des Eisens.

Die Formung des Eisens durch Gießen beruht darauf, daß dieses in vollkommen flüssigem Zustande in bestimmte, vorher genau hergestellte Formen gegossen wird und in ihnen erstarrt. Je nach der Art des hierbei verwendeten Eisens unterscheidet man den Roheisenguß[1]) und den Flußeisen- oder Flußstahlguß. Gebrauchsgegenstände, aus Roheisen erzeugt, werden i. d. R. einfach als gußeiserne bezeichnet, gleichwie es bei Flußeisen üblich geworden ist, stets von Stahlguß zu sprechen, wenn auch die Festigkeit des Gusses nicht der des Stahls entspricht.

[1]) Von allem erzeugten Roheisen wird etwa $^1/_7$ als Gußeisen verwendet.

Das in Masseln vom Hochofenprozeß kommende und zum Gusse verwendete Roheisen ist i. d. R. ein graues Roheisen, da dieses — wie schon auf S. 416 hervorgehoben wurde — die Eigenschaft besitzt, einerseits sehr dünnflüssig zu werden und andererseits im ersten Augenblicke des Erstarrens sich auszudehnen und somit die Formen gut auszufüllen; seltener und zwar vorwiegend bei Hartguß, findet ein halbiertes Roheisen zum Gusse Verwendung.

Durch seine Herstellung bedingt (Kokszusatz im Hochofen), ist das Roheisen meist schwefelhaltig, enthält u. U. auch Phosphor, daneben stets Si, Mn, C, in wechselnder Menge. Während ein hoher Si-Gehalt eine Graphitausscheidung befördert, bewirkt ein höherer Mn-Gehalt durch Bindung des Kohlenstoffes eine Umwandlung in das schwer schmelzbare, aber auch härtere Weißeisen; S. macht das Roheisen dickflüssig und kaltbrüchig, P zwar dünnflüssig, aber rotbrüchig; deshalb sind von letzteren Beimengungen nur ganz geringe Mengen zulässig, vorausgesetzt, daß sie nicht durch die weitere Vorbehandlung ausgeschieden werden können.

Meist bildet das Ausgangsmaterial für Gußeisen ein hochsiliziumhaltiges Roheisen, bei dessen Umschmelzen sich der Silizium- und Schwefelgehalt verringern, und zwar um so mehr, je heißer der Ofen geht.

Abgesehen davon, daß betriebstechnisch die Hochofenanlage und die Gießerei i. d. R. nicht unmittelbar zusammenliegen, also auch nicht unmittelbar das Eisen aus dem Hochofen für Gußzwecke verwendet werden kann, erscheint es auch zu wenig gleichartig und rein, um namentlich für stärker beanspruchte Konstruktionsglieder und Maschinenteile ohne Reinigung benutzt werden zu können. Letztere, in einem nochmaligen Zusammenschmelzen des Roheisens unter Hinzufügung von Koks als Brennmittel und kleinen Zusätzen von Kalkstein zur Schlackenbildung bestehend, erfolgt entweder in den hochofenähnlich gebauten Schachtöfen — den Kupolöfen — oder in liegenden Flammöfen bzw. in Tiegeln. Tiegel kommen nur für kleine Eisenmengen und meist für einen phosphorreichen Kunstguß in Frage. Heute werden die Tiegel mit etwa je 30 kg Eisen gefüllt, unmittelbar auf den Rost eines Zugofens gestellt und von unten aus durch Koks oder dgl. erhitzt.

Flammöfen, in ihrer Form ähnlich den Puddelöfen ausgebildet, bestehen aus dem eigentlichen Feuerraum, i. d. R. durch einen wagerecht liegenden Rost abgeschlossen, dem meist länglichen, schräg geneigt verlaufenden Herde und der Zuführung zum Schornsteine. Das Abstichloch, aus dem das zusammengeschmolzene Eisen entnommen wird, liegt vielfach an einer Schmalseite des Ofens nahe dem Fuchs. Die im Innern aus feuerfesten Steinen erbauten Öfen haben sehr verschieden große Abmessung und können Eisenmengen von 200 bis 10000 kg aufnehmen. Der Abbrand beträgt 6 bis 10 v. H. Derartige Flammöfen werden zum Umschmelzen des Roheisens nur dort verwendet, wo der Brennstoff billig ist, oder große, schwer zu zerkleinernde Eisenstücke umgeschmolzen werden sollen, endlich das Roheisen durch Hinzufügung besonderer Stoffe (z. B. durch Zusatz von Dreh- und Bohrspänen zur Verminderung des C-Gehaltes) in seiner Zusammensetzung nicht unerheblich zu ändern ist[1]).

Für gewöhnlich aber findet die Umschmelzarbeit in den vorgenannten Kupolöfen, einer Erfindung des Engländers Wilkinson, statt, also in meist rein zylindrischen Schachtöfen, in die von oben aus abwechselnd Eisen und Brennstoff (i. d. R. Koks) eingebracht werden. Die Verbrennung des letzteren und damit das Schmelzen des Eisens

[1]) In gleicher Weise können auch hier Qualitätsveränderungen unter der Einwirkung der atm. Luft auf das Roheisen im Herde erzielt werden.

findet auch hier unter Verwendung von Gebläsewind statt, der aber lange nicht unter dem bei Hochöfen üblichen Betriebsdrucke steht und auch nicht zu stehen braucht, da er hier weit weniger Arbeit wie beim Hochofenbetriebe zu verrichten hat.

Deshalb sind die hier benutzten Gebläse auch selten Zylindergebläse, sondern meist Kapsel- oder Flügelräder- bzw. Dampfstrahlgebläse.

Die 4—6 m hohen, 50—150 cm im Lichten weiten Öfen bestehen aus einem im Innern mit feuerfestem Mauerwerke von etwa 25 cm Stärke ausgekleideten Eisenbleche. Der eigentliche Herdraum wird entweder ohne besonderen Übergang vom untersten Zylinderteile gebildet oder er stellt eine, durch einen engeren Zylinder mit dem eigentlichen Ofen verbundene Erweiterung dieses dar (System Jreland) oder er befindet sich endlich ganz vom Schachte getrennt, seitlich von demselben (Krigar-Ofen). Durch das nahe der Sohle liegende Stichloch kann nach Bedarf das umgeschmolzene Gußmaterial abgezogen werden, während seitliche Türen, u. U. auch Klappen im Boden, dem Reinigen des Ofens von der in geringer Menge sich bildenden Schlacke usw. dienen. Letztere setzt sich zusammen aus den mechanischen Verunreinigungen des Roheisens — also namentlich Sand, aus der Asche des Brennstoffes, dem Abtrieb des Ofens und einem geringen Kalkgehalt (2—4 v. H. des Roheisens), der zur Bildung der Schlacke zugefügt wird. Der Abbrand des Eisens beträgt etwa 5—10 v. H., kann jedoch aus der Schlacke z. T. wieder gewonnen werden; zur Erzielung von 100 kg Gußeisen in der Stunde genügt ein Horizontalquerschnitt im Ofen von 100—125 qcm. Auf je 100 kg aufgegebenes Eisen sind 10 bis 15 kg Koks zu rechnen.

Von dem Kupolofen gelangt das Eisen in von Hand aus bewegte Gießkellen oder maschinell betriebene Gießpfannen; beides sind Hohlgefäße aus starkem Eisenblech mit einer inneren, meist graphitierten Lehmausfütterung.

Die Einteilung des Gußeisens erfolgt — wie schon auf S. 416 u. 428 hervorgehoben wurde — heute noch i. d. R. nach seinem Bruchaussehen, namentlich der Größe des Korns und der Stärke der Graphitausscheidungen, und zwar nach den Nr. I bis VI, von denen Nr. I das stärkstkörnige Material darstellt; sehr viel besser wäre eine Trennung nach den chemischen Eigenschaften [1]), um so mehr, als das Aussehen des Querschnittes des Gußeisens z. T. von der mehr oder weniger schnellen Abkühlung sehr erheblich beeinflußt wird, eine schnelle Abschreckung z. B. graues Roheisen in dünnen Stücken in weißes und hartes Material umwandelt, während eine sehr langsame Abkühlung besonders deutliche und große Graphitausscheidungen zeitigt, vgl. § 74, 1.

Neben Roheisen findet auch schmiedbares Eisen, und zwar in der Form des Flußeisens oder des Flußstahles, zur Erzeugung von schmiedbarem Eisenguß Verwendung. In der Regel wird hierzu das Eisen benutzt, welches aus dem Martinofen oder von der Kleinbessemerei (Kleinkonverter 1—3 t) (vgl. S. 443) geliefert wird oder dem Tiegelprozesse [2]) entstammt. In letzterem Falle ist — falls größere Gußmengen aus den Inhalten mehrerer Tiegel in einer Pfanne u. dgl. vereinigt werden sollen — besonders darauf zu achten, daß der Gußstrahl niemals unterbrochen wird, daß der Inhalt eines neuen Tiegels also bereits zugesetzt wird, ehe der vorangehende vollkommen entleert ist.

---

[1]) Hier dürfte eine Trennung nach dem Gehalte an Si, Mn und P vollkommen ausreichen.

[2]) Tiegelgußstahl findet z. Z. nur noch bei ganz besonderen Anforderungen an das Material Verwendung, für Geschütze, Gewehrteile, Werkzeuge. Zur Zeit liefert die Kleinbessemerei das meiste Flußeisen für Gießereizwecke, da sich hier der Betrieb aufs beste den jeweiligen Anforderungen an die Menge des Gußmaterials anpassen läßt.

In der Regel steht zur Bequemlichkeit des Gießens die Gießform tief, nicht selten in einer „Dammgrube", in die Sohle des Gießraumes eingebaut. Auf die Ausführung eines ganz gleichmäßigen Gießens ist streng zu achten; solange wie die Hohlform noch Material schluckt, ist dieses nachzugeben. Schlacken, die sich auf der Oberfläche der Gießpfanne usw. bilden, sind vorsichtig abzustreichen. Bei größeren Gußstücken ist eine gleichmäßige Dichtheit durch Umrühren des Eisens in der Form mit einer eisernen Stange zu befördern. Da sich beim Gießen brennbare Gasarten, wie Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe bilden, so ist für ihr Verbrennen beim Heraustreten aus der Form Sorge zu tragen; bei großen Gußstücken sind demgemäß an den Ritzen und Anschlußstellen der einzelnen Formen, desgl. an den Windpfeifen Einrichtungen zur schnellen Entzündung der entweichenden Gase getroffen.

Zur Herstellung der Form, in der der Guß stattfinden soll, gebraucht man einerseits ein Formmaterial und andererseits ein Modell, welches von ersterem ganz oder auch nur teilweise umschlossen wird. Nachdem das Modell in der Formmasse abgeformt und herausgenommen ist, findet die Ausfüllung des nun entstandenen Hohlraumes mit dem Gußmaterial statt.

Als Formstoffe verwendet man Formsand, Masse, Ton und Lehm.

Unter Formsand ist ein normaler, durch Ton- oder Lehmgehalt ein wenig bildsamer Quarzsand zu verstehen, dem etwa 6—7 v. H. Kohlenstaub, mit ihm auf Kugelmühlen oder Trommeln gemengt, zugesetzt ist. Die Feuchtigkeit eines Formsandes soll eine derartige sein, daß man ihn in der Hand zu einem festen Klumpen zusammenballen kann, ohne daß die Hand hierbei benetzt wird. Von einem guten Formsand ist zu fordern, daß er gut zusammenhält, zur Ableitung der beim Eingießen des Metalles verdrängten bzw. sich bildenden Gase durchaus porös ist, endlich, um ein Anbacken am Gußstücke auszuschließen, feuerfest ist. In letzterem Sinne ist darauf zu achten, daß er frei von Kalk, Eisenoxyd und Alkali ist.

Erheblich plastischer und demgemäß namentlich für größere Gußstücke und für Flußmaterial geeignet ist die sogenannte „Masse". Sie besteht im allgemeinen aus Schamottemehl (6 T.), schwach gebranntem (3 T.) und nicht gebranntem, feuerfestem Ton (2 T.), Quarzsand (6 T.) und Koksmehl (2 T.); hier ist eine scharfe Trocknung der Form notwendig, da diese erst hierdurch ihre Porosität erlangt. Zum besseren Zusammenhange und um die Porigkeit zu vergrößern, werden der Masse auch Kuhhaare, Häcksel u. dgl. zugesetzt, die beim Trocknen herausbrennen.

Eine Lehmformerei findet — vgl. die weiterfolgenden Ausführungen — meist nur bei großen Rotationskörpern statt, deren Formen mit Hilfe von Schablonen über vorübergehend gemauerten Steinkernen erzeugt werden.

Die Arbeit des Formens und Gießens selbst kann — abgesehen von den Formmaschinen — auf 4 verschiedene Arten stattfinden:

a) durch den Herdguß, b) durch Kastenguß, c) mit Hilfe von Schablonen — Masseformerei, d) unter Benutzung von ganz oder teilweise in Eisen hergestellten Formen, — „Hartguß".

a) Im ersten Fall bei Herdguß wird das entweder in Holz hergestellte und gefirnißte oder aus Metall (Eisen, Rotguß) erzeugte Modell in den Formsand auf dem Boden der Gießhalle einfach eingedrückt und somit abgeformt. Wird alsdann der nunmehr geschaffene Hohlraum mit Gußmetall ausgegossen, so entsteht ein (meist plattenförmiger) an den Seiten und unten gut abgeformter Körper, der oben jedoch eine zwar wagerechte aber wenig glatte, unebene Fläche zeigt. Auf diese einfache und billige Art werden kleine Auflagerplatten, billige Eisengitter, Ofentüren u. dgl. gegossen.

b) Bei der zweiten Art, dem Kastenguß, wird das Modell allseits von Formsand bzw. Masse umschlossen und zwar unter Verwendung zweier Rahmen, eines oberen und eines unteren, die zusammen genau aufeinander passend und durch Stifte und Ösen an einer Anzahl von Stellen verbunden, den Formkasten bilden. Nicht selten haben die Rahmen zum besseren Festhalten der Formmasse vorspringende Ränder, Rippen und sonstige Versteifungen. Meist wird in der Weise vorgegangen, daß das Modell zunächst auf ein Formbrett gesetzt und der eine Teil des Kastens darübergestülpt und mit Formsand unter leichtem Druck vollgestampft wird; alsdann wird das Ganze umgekippt und in gleicher Art nach Fortnahme des Modellbrettes der zweite Kastenteil aufgesetzt und mit Sand gefüllt.

Hierbei wird auch, vielfach unter Verwendung eines besonderen Holzmodells, ein Einguß zur Einführung des flüssigen Eisens angeformt, der so beschaffen sein muß, daß die ihm entsprechende Gußmasse später leicht vom Gußstück abgetrennt werden kann; daneben sind auch „Pfeifen“ (zylindrische Durchbohrungen durch den Sandkörper) vom höchsten Punkte des Guß-Hohlraumes nach außen gehend, einzubauen, um der durch den Guß verdrängten Luft und den sich bildenden Gasen einen Abzug zu gestatten.

Nachdem dies alles vorbereitet, werden beide Kastenteile wieder auseinander genommen, um das Modell langsam und vorsichtig herausheben zu können; alle jetzt erscheinenden, in Sand abgeformten Flächen werden, um ein Zusammenschmelzen von Sand und Eisen zu verhindern, mit feinem Holzkohlenpulver bestreut oder mit Schwärze (Graphitmehl und Wasser) bestrichen, wodurch in letzterem Falle allerdings ein Trocknen vor dem Gießen — meist in besonderen Trockenkammern — notwendig wird.

Nach schließlichem, vorsichtigem Zusammensetzen der Kästen kann endlich der in ihrem Innern befindliche Hohlraum mit Gußmetall ausgegossen und somit das Gußstück erzeugt werden. Soll letzteres Hohlräume enthalten, so ist das Einsetzen besonderer Kerne in die Kästen notwendig, die meist aus Masse (oft mit einem inneren Eisengerippe) gebildet sind und eine sehr gute Trocknung vor ihrer Verwendung finden; oft ist — namentlich im Hinblicke auf den Auftrieb des flüssigen Eisens — ihr Abstützen gegenüber der Kastenwand durch eiserne Kernstützen (dünne verzinkte Eisenplättchen), oder durch Belastung von oben aus, notwendig.

c) Die an dritter Stelle genannte Schablonenformung findet i. d. R. nur für Rotationskörper Anwendung. Hierbei kann eine, um eine senkrechte Achse drehbare Schablone aus der Formmasse durch ihr allmähliches Eindringen in sie von oben aus und durch ihre Drehung den Hohlraum — also z. B. einen dünnen Zylindermantel beim Rohrguß — herausschneiden, oder — wie z. B. bei einem Glockenguß, bei weiten starkwandigen Röhren u. dgl. — die äußere Form „abdrehen“.

In letzterem Falle wird zunächst ein Kern aus Ziegeln und Lehm gemauert und mit einer äußeren Lehmschicht [1]) abgedeckt, welche nun ihrerseits durch die Hohlschablone entsprechend der zu erzielenden Innenfläche des Gußstückes abgedreht wird. Nach Schwärzung dieser Schicht wird eine neue, welche dem herzustellenden Gußstücke entspricht, „die Eisen-Stärke“ aufgebracht, ebenfalls mit einer Schablone abgedreht, geschwärzt und getrocknet; alsdann folgt endlich ein sich genau anschließender Tonmantel, der zweckmäßig in einzelnen Stücken zwecks bequemer Fortnahme auszuführen ist. Nachdem auch dieser getrocknet ist, wird er für kurze Zeit auseinander genommen, um

1) Diese Schicht besteht meist aus Lehm, trockenem Sande, Rinderhaaren, Spreu u. dgl.

die „Stärke“ entfernen zu können und alsdann vorsichtig wieder in seiner richtigen Lage aufgebaut. Es entsteht somit zwischen dem Kern und dem Mantel ein Hohlraum, erzeugt durch Schablonenformung, der genau dem zu erzielenden Gußstücke entspricht und schließlich nur noch mit Gußmetall ausgegossen zu werden braucht.

Eine u. U. vereinfachte Arbeitsmethode ist darin gegeben, daß man, ohne erst die Stärke aufzubringen, nur der Kern abdreht, den Mantel getrennt für sich herstellt und alsdann in entsprechendem Abstande um den Kern herum aufbaut; auch kann die Schablone festgestellt und die Form in einer Drehlade gegen sie gedreht werden.

d) Die vierte Art des Gusses — Hartguß, Schalen-, Kapselguß, findet in zum Teil oder gänzlich in Eisen hergestellten Formen statt. Alsdann kühlt sich das (graue oder halbierte) Eisen an der Berührungsstelle mit der Eisenform infolge der guten Wärmeleitung sehr schnell ab und wandelt sich hierbei in weißes, hartes Eisen um, wodurch der Name „Hartguß“ sich erklärt. Auf diese Weise werden die verschiedensten Walzen, Wagenräder, Panzerplatten, Weichenherzstücke u. dgl. gegossen. Die Größe der Härtung läßt sich durch die Schnelligkeit der Abkühlung beeinflussen; ebenso bewirkt eine Erwärmung der Guß-Formen eine Verringerung der Härte.

Es liegt auf der Hand, daß bei allen diesen Formmethoden, desgl. bei den weiter unten erwähnten Formmaschinen, auf das Schwindmaß des Eisens, welches bei Gußeisen rund $^1/_{100}$, bei Stahl etwa $^1/_{70}$ beträgt, Rücksicht zu nehmen ist. Diesem Maße entsprechend muß die Gußform größer sein, um später die gewünschten genauen Abmessungen des Gußstückes zu sichern.

Formmaschinen, die einerseits für Massenartikel, andererseits für besonders verwickelte und schwer aus der Sandform zu hebende Gußstücke verwandt werden, verrichten in ihren älteren Systemen fast nur diese Arbeit, wobei Verletzungen der Hohlform und demgemäß Ausbesserungen gänzlich entfallen, oder sie führen — die neueren Systeme — zu gleicher Zeit auch die Stampfarbeit aus. Alsdann werden für jede Kastenhälfte Modellplatten, d. h. ebene Platten mit aufgesetzten Eisen- oder Rotgußmodellen[1]) verwendet, an denen zugleich die Eingüsse, Windpfeifen usw. fest angeschlossen sind.

Als Sonderformmaschinen seien genannt: Die Zahnradformmaschinen, welche ein Zahnradsegment aus 2 (oder 3) Zähnen unter Innehaltung genauester Abstände fortschreitend in den Formsand eindrücken und somit schließlich das ganze Rad in vollkommenster Gleichmäßigkeit formen, sowie Formmaschinen für Rohre, welche durch dauernde Vorschiebung eines kurzen, in der Achse beweglichen Rohrstückes die erforderte Hohlform erzeugen.

Soll ein Gegenstand aus hartem Gußeisen in weiches schmiedbares Eisen umgewandelt werden, so ist es — wie schon auf S. 449 hervorgehoben wurde — notwendig, dem fertigen Gußstücke einen Teil seines Kohlenstoffes zu entziehen. Das hierauf beruhende, mit dem Namen des Glüh- oder Herdfrischens auch Temperns[2]) bezeichnende Verfahren besteht darin, die fertigen Gußeisenteile in tönerne Pfannen, Kasten mit luftdicht aufgesetztem Deckel in Roteisensteinpulver, Hammerschlag (Tempererz) verpackt, mehrere Tage der Hellrotglut auszusetzen. Hierbei wird zunächst der Kohlenstoff an der Außenfläche des Gußstückes durch Sauerstoffabgabe der oxydischen

[1]) Dieser Guß besteht aus Kupfer, Zink und Zinn; dieses Material wird fast nur verwendet, wenn die Metalloberfläche besonders behandelt (ziseliert usw.) werden muß.

[2]) Das Verfahren ist heute noch in Amerika viel angewendet, weil es sehr viel leichter ist, dünne Körper in Gußmaterial als in Schmiedeeisen zu formen und ihre Überführung in letzteres mit nicht sehr erheblichen Kosten verbunden ist.

Verbindungen in Kohlenoxyd umgewandelt, während allmählich die C-Moleküle von innen nach außen sich vorschieben, um die gleiche Vergasung zu erfahren, bis endlich das ganze Stück in schmiedbares, hämmerbares, zähes Schmiedeeisen umgewandelt ist. Dies läßt sich aber nur bis zu Stärken von 25 mm erreichen, und auch nur bei einem Eisenmaterial, dessen C-Gehalt in chemisch gebundener Form im Eisen enthalten ist, d. h. nur bei dem weißen (höchstens halbierten) Roheisen[1]); zudem ist ein sehr gutes, langsames und gleichmäßiges Abkühlen notwendig.

In ähnlichem Sinne lassen sich Gußwaren durch nachträgliches Glühen unter Luftabschluß — z. B. in Lehmumhüllung — und folgendes, langsames Abkühlen weicher und weniger spröde machen, man spricht vom Adoucieren der Gußstücke.

Ein jedes aus der Form entnommene Gußstück muß noch „geputzt" werden. Zunächst sind der verlorene Kopf am Eingusse, die Windpfeifen, die Nähte, etwa anhaftender Sand usw. zu entfernen, alsdann ist das Gußstück glatt zu feilen und zu meißeln. Neben der Handarbeit kommen für diesen Zweck auch Luftdruckwerkzeuge, zudem das Sandstrahlgebläse in Anwendung; auch wird — namentlich in der Stahlformgießerei — das Sauerstoff-Schneideverfahren herangezogen, das ein schnelles, billiges und sauberes Abschneiden von Trichtern, Angüssen usw. sichert, vgl. S. 467.

Soll das Gußstück nicht in geputztem, d. h. ungestrichenem Zustande angeliefert werden (was sich allerdings empfiehlt, um sich von der Rißfreiheit der Oberfläche zu überzeugen), so wird es meist „geschwärzt" geliefert; es wird alsdann über einem Holzfeuer oder einer Petroleumflamme angerußt bzw. mit Graphitschwärze gestrichen, schließlich, zur Einreibung von Ruß oder Graphit, gebürstet.

Verhältnismäßig selten findet ein Verzinken durch Eintauchen in ein geschmolzenes Zinkbad, noch seltener ein galvanisches Vernickeln Anwendung. Die Wasserleitungs- usw. Rohre werden i. d. R. mit Steinkohlenteer oder Teer und Asphalt gestrichen, der heiß (100° C) auf das selbst erhitzte Rohr (200° C) aufgetragen wird. — Als Teeranstrich empfiehlt sich, um vor jeglicher Säure geschützt zu sein, eine Vermengung desselben (8 T.) mit gebranntem, gepulvertem Kalk (2 T.); zur Erhöhung der Streichbarkeit fügt man noch Terpentin (1 T.) oder Petroleum zu.

Im allgemeinen haben Gußeisensorten für Walzen, Maschinen, Bau- und Röhrenguß bei Biegeversuchen Festigkeiten, die zwischen 20 und 50 kg/qcm liegen, wobei allerdings die höheren Zahlen nur bei Guß aus dem Flammofen erreicht werden. Nach den Aufstellungen des Deutschen Verbandes für die Materialprüfung der Technik vom 18. IX. 1908 soll die Biegefestigkeit betragen bei:

Gewöhnlichem Maschinenguß	≧	28	kg/qmm
Maschinenguß von hoher Festigkeit	„	34	„
Bau- und Säulenguß	„	26	„
Gas- und Wasserleitungsröhren	„	26	„

Im allgemeinen kann man sagen, daß die Festigkeit in erster Linie von der Menge des als Graphit ausgeschiedenen Kohlenstoffes und der Größe der Graphitteilchen bedingt ist. Je gröber letztere sind, um so körniger ist das Material und um so geringer seine Festigkeit. Der Einfluß eines etwaigen Phosphorgehaltes ist in der Verringerung der Durchbiegung bei der Biegeprobe und der verminderten Widerstandsfähigkeit gegen Schlag zu erkennen; jedoch werden Zerreiß- und Biegefestigkeit durch einen Gehalt unter 1 v. H. nicht merkbar verändert.

[1]) Bei grauem Roheisen tritt ein schnelles Vergasen von C ein, und das Stück wird brüchig und nicht mehr verwendbar.

Auf nähere weitere Festigkeitsfragen des Gußeisens, namentlich soweit die Prüfung des Gußeisens in Frage kommt, wird in einem besonderen Abschnitte eingegangen.

Beim Temperguß liegt die Zerreißfähigkeit zwischen 32 und 36 kg/qmm bei einer Dehnung von 1—1,5 % auf 150 mm Meßlänge. Auf diese Zahlen hat ein zweimaliges Tempern keinen irgend erheblichen Einfluß, wenn auch hierdurch die Zähigkeit gesteigert werden kann.

§ 82. Das Schmieden und Schweißen des Eisens.

Die Formgebung des Eisens durch Schmieden verlangt ein teigigweiches Ausgangsmaterial und einen starken Druck. Daneben findet zugleich durch diese Arbeit auch eine Eigenschaftsverbesserung statt, indem einerseits etwa noch vorhandene Schlackenteilchen ausgepreßt werden, andererseits die Dichtheit des Eisens durch die Verarbeitung — Zusammenpressung — zunimmt.

Im allgemeinen ist das Eisen um so schmiedbarer, je weiter seine Elastizitätsgrenze von seiner Festigkeitsgrenze während der Schmiedetemperatur entfernt liegt[1]). Daneben sprechen auch chemische Einflüsse mit; je geringer der Kohlenstoffgehalt ist, desto höher ist die Schmiedbarkeit; desgl. wirkt ein geringer Mangangehalt, jedoch nur bis 0,5 v. H., günstig auf das Schmieden ein, indem er die Bildung von Rissen hierbei verhindert.

Im allgemeinen beträgt die Schmiedetemperatur bei Eisen, dessen Zugfestigkeit $<$ 55 kg/qmm ist, rund 1100—1200°; sie ermäßigt sich bei härterem Material.

Die Schmiedearbeit selbst kann bei kleinen Gebrauchsgegenständen von Hand aus bewirkt werden, während sie bei größeren Stücken mechanisch erfolgt. In letzterem Fall unterscheidet man Hämmer und Pressen.

Das Schmieden von Hand aus erfolgt unter Verwendung des 1—1,5 kg schweren Schmiedehammers, der nur mit einer Hand bewegt wird, oder des 3—10 kg Gewicht zeigenden Zuschlaghammers, mit beiden Händen geführt, und des als Unterlage zur Formgebung dienenden Amboß. Dieser, i. d. R. aus Schmiedeeisen hergestellt, wird meist mit einer 10—30 mm starken Stahlplatte belegt, welche die „Amboßbahn" bildet.

Von mechanischen Hämmern kommen einerseits Hämmer in Frage, welche, mit einem sich um einen festen Punkt drehenden Stiele versehen, eine Bogenbewegung machen, Winkelhämmer genannt, und Rahmen- oder Gleithämmer, welche in senkrechten Führungen laufen und als Parallelhämmer bezeichnet werden. Während die erste, heut verlassene Bauart in jenen älteren Hammerwerken sich fand, welche als Betriebskraft i. d. R. ein Wasserrad besaßen, im allgemeinen aber wegen der konstanten Höhe der Hammerhebung und der größeren Pausen zwischen den einzelnen Schlägen wenig wirtschaftlich arbeitete, hat die zweite Art sich zu einer großen Anzahl verschiedenartigster, viel verwendeter Ausbildungen entwickelt.

Nach der Betriebsart werden unterschieden:

Fallhämmer, Federhämmer, Dampfhämmer.

Bei den Fallhämmern fällt der „Bär" frei herab, durch einen oder zwei Ständer geführt; seiner Hebung dienen Seil- und Riemenantriebe, Friktionsscheiben u. dgl. Das Bärgewicht richtet sich naturgemäß nach der Größe des Arbeitsgewichts und

[1]) Deshalb läßt sich auch Nickelstahl gut schmieden; nur ist bei höherem Nickel-Gehalte auf eine gute Erwärmung der Stücke vor dem Schmieden zu achten.

schwankt meist zwischen 100 und 1000 kg. Abb. 7 stellt einen derartigen Friktions-Fallhammer für Transmissionsbetrieb dar, während in Abb. 8[1]) ein ähnliches Fallwerk für Maschinenbetrieb mit Fest- und Losscheibe und Ausrückvorrichtung wiedergegeben ist.

In Abb. 7 kann der Bär mit nach oben gerichteter Hebeschiene für verschiedene Höhen, d. h. Schlagstärken eingestellt und selbsttätig aufgefangen werden. Die Hebeschiene besteht aus bestem hartem Holzmaterial und wird mittelst zweier exzentrisch gelagerter Friktionswellen und je einer Riemenscheibe angehoben. Der Bär fällt frei, ohne die geringste Reibung und hat daher eine größtmögliche Schlagwirkung. Die Steuerung ist für Hand- und Fußsteuerung eingerichtet, kann aber auch automatisch wirkend hergestellt werden. Die Hämmer eignen sich für alle Schmiedearbeiten, namentlich für Gesenkarbeit.

Federhämmer sind i. d. R. durch Kurbel-, weiterhin durch Seilbetrieb angetrieben. Hier muß zwischen Hammer und Stiel ein elastisches Mittel vorhanden sein,

Abb. 7.
Friktionsfallhammer für Transmissionsbetrieb.

Abb. 8.
Fallhammer mit Fest- und Losscheibe.

Abb. 9.
Federhammer.

wenn der Hammer schlagen und nicht drücken soll, da am Ende des Kurbelhubes, also am tiefsten Punkte, der Hammer sich sonst am langsamsten bewegen würde. Als elastisches Mittel sind Stahlfedern oder — heute bevorzugt — Luftkissen, durch Einschaltung eines Luftdruckzylinders eingeführt; ein Beispiel der letzteren Bauart läßt Abb. 9 erkennen[1]). Stöße in der Maschine sind hier ausgeschlossen, weil zwischen Bär und Arbeitskolben ein nie versagendes, sehr elastisches Luftkissen vorhanden ist. Schlagstärke, -Anzahl und Zeitfolge sind durch eine einfache Steuerung veränderlich.

Der Antrieb der Federhämmer kann durch eine Riemenscheibe, aber auch elektrisch erfolgen. Die zu allen größeren und kleineren Schmiedearbeiten wohl geeigneten Maschinen weisen Bärgewichte bis 500 kg auf.

1) Die oben dargestellten 3 Hämmer sind ausgeführt von der Aerzener Maschinenfabrik in Aerzen-Hameln.

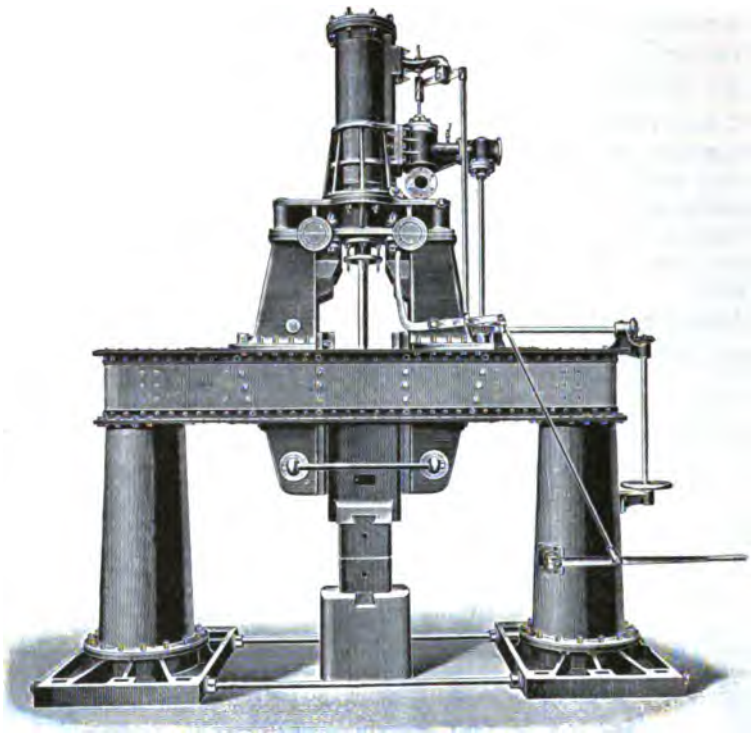


Abb. 10.
Dampfhammer mit schmiedeisernem Untergestell. (Bärgewicht bis 10 t.)

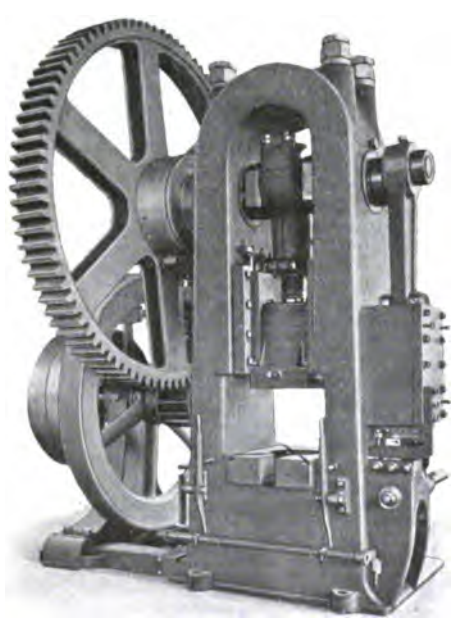


Abb. 11.
Schmiedepresse.

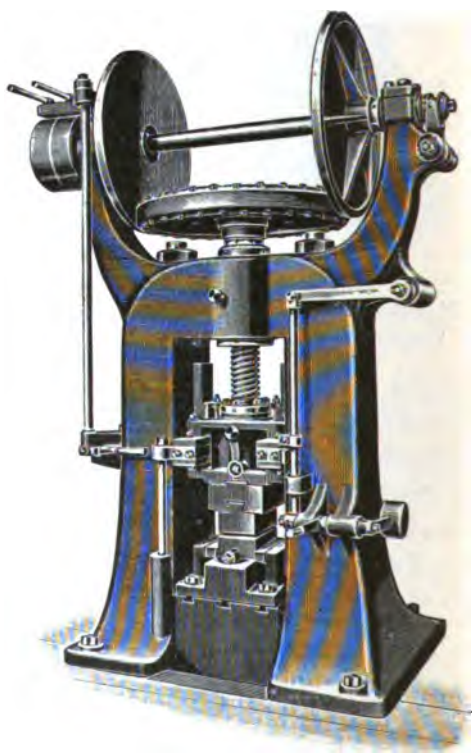


Abb. 12.
Friktionspresse für Gesenkschmiedearbeiten.

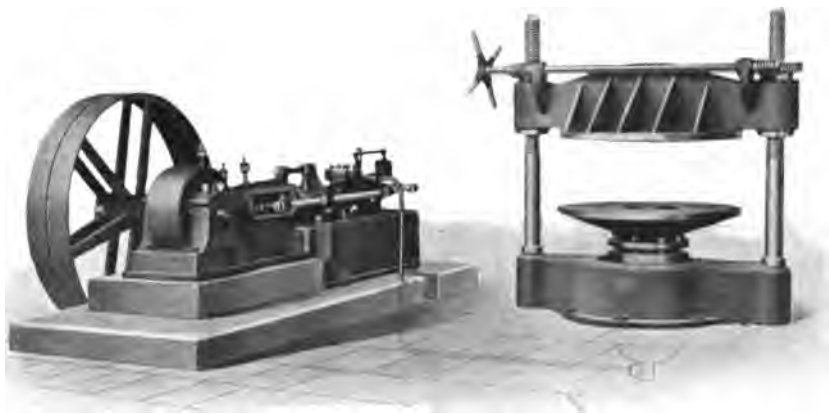


Abb. 13 a.
Hydraulische Presse, mit Hochdruckpumpwerk.

Dampfhämmer (Abb. 10)[1]) können je nach der Führung des Bären Ein-, Zwei- und Vierständerhämmer sein; auch hier fällt der Bär vollkommen frei herab. Die Bärgewichte gehen bis 20000 kg, betragen aber meist unter oder nur bis 10000 kg. Meist ist hier noch das System Nasmyth[2]) (erfunden 1842) bevorzugt, bei welchem der Bär unmittelbar vom Kolben der über dem Gestelle gelegenen Dampfmaschine bewegt wird.

Schmiedepressen können, ähnlich den Hämmern, bewegt werden durch Kurbeln und anschließenden Riemen- oder Radantrieb (Abb. 11)[3]), durch Spindeln (gehoben und gesenkt durch Friktionsscheiben, Abb. 12)[4]), endlich durch Wasserdruck, und zwar unmittelbar in Verbindung mit einer Hochdruckpresse (Abb. 13 a)[5]) oder einem Kraftsammler (Abb. 13 b)[6]), der unter dem Drucke einer Gewichtsbelastung oder gepreßter Luft stehen kann (Luftakkumulator), oder endlich von mehreren Preßzylindern mit verschiedenen Belastungsstufen das Betriebswasser erhält.

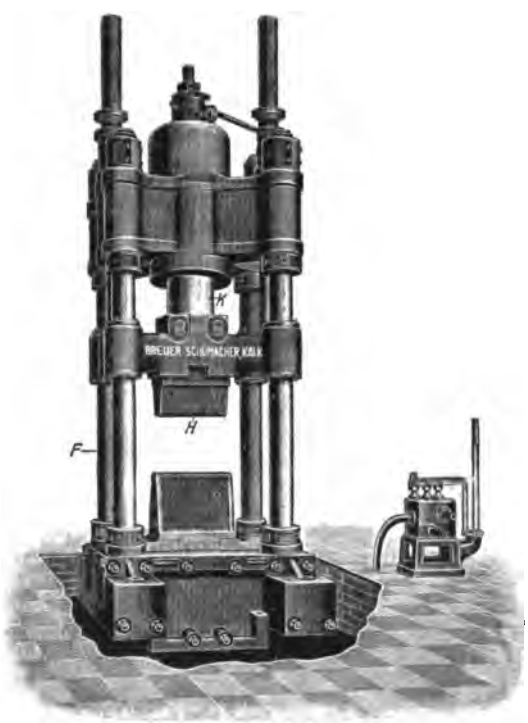


Abb. 13 b.
Hydraulische Schmiedepresse.

[1]) Abb. 10 ist dem Album der Kalker Werkzeug-Maschinenfabrik Breuer, Schumacher & Co., A. G. zu Kalk-Köln entnommen.

[2]) Daneben findet sich das System Daelen.

[3]) Ausgeführt von der Bonner Maschinenfabrik Mönkemöller G. m. b. H.

[4]) Vgl. Anm. 1.

[5]) Ausgeführt von der Maschinenfabrik Lorenz in Ettlingen (Baden).

[6]) Ausgeführt von der Kalker Werkzeugmaschinenfabrik Breuer, Schumacher & Co. A. G. in Kalk-Köln.

Bei der in Abb. 13 b dargestellten Bauart, einer einfachen hydraulischen Schmiedepresse, verschiebt sich ein gut abgedichteter Kolben (K), welcher an seinem unteren Teil den Hammer (H) trägt, in einem Führungsgerüst mittelst einer vierseitigen Führung. Auf der sehr stark konstruierten, mit den Führungssäulen fest verbundenen Fußplatte lagert die Arbeitsplattform auf, die ebenso wie H sehr verschiedenartig gestaltet werden kann.

Im allgemeinen läßt sich der Wasserdruck der hydraulischen Presse und damit ihre Arbeitsleistung leicht regulieren; sie arbeiten meist rascher, mit geringerem Kraftverlust als Hämmer, mit besserer Wirkung infolge des länger anhaltenden Arbeitsdruckes[1]) und geringerer Abnutzung; es steht deshalb zu erwarten, daß sie infolge dieser sehr erheblichen Vorzüge die Hämmer, namentlich die Dampfhämmer, allmählich verdrängen werden.

Will man Eisen **zusammenschweißen,** wobei sowohl Flußeisen, als auch Stahl bzw. beide Stoffe in Frage kommen, so ist hierbei — ähnlich wie beim Schmieden — auf eine gehörige Erwärmung, daneben aber auf eine ausreichend große Berührung der Schweißflächen, vor allem aber auf eine absolute Reinheit, namentlich eine oxydfreie Oberfläche dieser zu achten; auch hat die Vereinigung der zu verbindenden Eisenteile rasch unter Einwirkung des Hammers bzw. der Presse zu erfolgen.

Bei Flußeisen ist die zweckmäßigste Hitze die sogen. Weißglühhitze, bei Stahl, der hierbei zu weich werden würde und sogar verbrennen könnte, die Rotglühhitze; sollen Flußeisen und Stahl verschweißt werden, so genügt i. d. R. die Dunkelrotglühhitze des Stahles.

Da das Schweißen nicht unter Luftabschluß ausführbar ist, bei der großen Hitze des Eisens hier aber eine Oxydation der Oberfläche durch Aufnahme von Luftsauerstoff rasch eintritt, muß man besorgt sein, dem Eisen eine schützende, aber dabei leicht zu beseitigende Hülle während des Schweißens zu geben. Da der oberflächliche, sich bildende „Glühspahn" in Verbindung mit Quarz ein leichtflüssiges Oxydulsilikat bildet, so streut man zum Schutze des Eisens während dessen Erhitzen feinen Quarzsand (Schweißsand) auf; auch können zum gleichen Zwecke Boraxpulver und Glasstaub Verwendung finden. Bei der Vereinigung der zu verschweißenden Eisenteile ist dann nur darauf zu achten, daß das flüssige Eisensilikat durch das Pressen usw. ausgetrieben wird, was ohne besondere Schwierigkeit möglich ist.

Neben der Handschweißung unter Zuhilfenahme von Pressen, Hämmern u. dgl. kommen auch Schweißmaschinen vor, bei denen die einzelnen Teile durch Zangen gefaßt und aneinander gepreßt werden.

Daß eine Schweißung gut ausgeführt ist, erkennt man an der rein metallischen Oberfläche der Vereinigungsstelle; namentlich darf sich keine dunklere Schweißnaht zeigen, da sie ein Zeichen dafür ist, daß hier eine metallische Verbindung fehlt.

Von besonderen mechanischen Schweißverfahren seien genannt:

a) Das Goldschmidtsche (Thermit-) Schweißverfahren.

Dasselbe beruht darauf, daß Gemische von Metalloxyden mit Aluminium in sich weiter verbrennen, ohne irgendwelche Wärmezufuhr von außen, wenn sie in Brand gesetzt sind; auch nicht vorgewärmtes Gemisch brennt, wenn es dem in Reaktion getretenen zugegeben wird, weiter. Die bei der Reaktion entstehenden Temperaturen betragen rd. 3000° C. Es ist mithin hierdurch die Möglichkeit gegeben, große Wärmemengen auf kleinstem Raume zu konzentrieren und auszunutzen. Als zweckmäßigstes Gemisch in obigem Sinne ist Eisenoxyd und metallisches Aluminium anzusehen, das — wie

[1]) Bei schweren Schmiedestücken dichten die Dampfhämmer vorwiegend die Außenflächen, viel weniger den Kern des Formstückes.

alle solche unter Metallabscheidung hohe Wärme erzeugenden Gemische — mit dem gesetzlich geschützten Namen Thermit bezeichnet ist.

Das Schweißverfahren besteht nun darin, daß man die nach Entzündung des Thermit entstehende große Wärmemenge unmittelbar auf das Arbeitsstück einwirken läßt, indem das bei der Reaktion sich abscheidende, hocherhitzte und demnach flüssige Metall auf die Schweißstelle aufgegossen wird. Damit die beiden zu verschweißenden Eisenteile sich gut verbinden, müssen einerseits ihre Enden durchaus metallisch rein und blank sein, andererseits, um eine Temperaturausdehnung zu verhindern, durch Bolzen oder irgend eine Spannvorrichtung unwandelbar gegeneinander gepreßt werden. Nachdem die Schweißstelle zunächst mit einer leichten Eisenform umgeben ist, wird die Thermitreaktion eingeleitet; es bildet sich neben flüssigem Eisen auf dessen Oberfläche eine Schicht von schlackenartigem Aluminiumoxyd, das nunmehr zunächst in die Form gegossen wird und die Innen- bzw. Oberfläche von Form und Schweißstück überzieht; hierdurch wird verhindert, daß das nachfolgend eingegossene Eisen mit den Schweißstücken zu einem Klumpen zusammenschmilzt, also bewirkt, daß es nur seine Hitze an erstere abgibt und sie zum festen Zusammenschweißen bringt. Endlich wird die erstarrte Masse durch einige leichte Hammerschläge von dem Schweißstücke und der Form abgeschlagen und letztere entfernt.

Von den verschiedensten Anwendungsgebieten dieses Goldschmidtschen Schweißverfahrens verdienen namentlich zwei hervorgehoben zu werden und zwar das Verschweißen von Straßenbahn- (und Eisenbahn-) Schienen, sowie von Rohren aus Schmiedeeisen. Da die Unterhaltungskosten der Straßenbahngleise in erster Linie durch die dauernden Reparaturen gerade an den Stößen bedingt sind, erklärt sich die hohe Bedeutung der Anwendung hier von selbst; hierbei braucht man nicht — wie auch die praktische Erfahrung gezeigt hat — zu befürchten, daß durch die fugenfreie lange Vereinigung des Gleisgestänges eine Verbiegung oder ein Zerreißen desselben bei Temperaturveränderung eintritt, da die Erwärmung usw. des am Straßenpflaster anliegenden, mit dem kühlen Erdreich in leitender Verbindung stehenden Gleises eine gleichmäßige und durchaus nicht besonders hohe ist.

Bei Rohrleitungen zeitigt die Anwendung des Schweißverfahrens den Vorteil, daß hier die schwereren Muffen und Verschraubungen entfallen können, keine undichten Stellen im Betriebe sich auszubilden vermögen und keinerlei Vorsprünge hinderlich in den Weg treten.

Neben dem Schweißen gestattet auch das Goldschmidtsche Verfahren das Ausbessern namentlich von Stahlgußteilen; ist es doch möglich, durch geeignete Zusätze zu dem nach der Reaktion flüssigen Eisen einen ganz bestimmten Qualitätsstahl herzustellen und somit genau die Eisenart zu erzeugen, die gerade vorliegt. Hier wird jedoch, da es sich um ein festes Anschweißen des flüssigen Eisens an die Ausbesserungsstelle handelt, das Aluminiumoxyd zunächst entfernt und unter Vermittelung einer, den jeweiligen Bedürfnissen angepaßten Form an die unganze Stelle hier ein größerer Stahlklumpen angegossen, der nach seiner Erhärtung durch Bearbeitung in die gewünschte Form übergeführt wird. Naturgemäß muß man sich vor Einleitung dieses Verfahrens versichern, daß durch die örtliche starke Erhitzung der Ausbesserungsstelle infolge des Aufgusses des flüssigen Eisens nicht in ihrer Nähe Sprünge oder Risse entstehen können, welche die Arbeit vergeblich machen. Unter Umständen ist hiergegen ein vorsichtiges Erwärmen der Umgegend der Ausbesserungsstelle wirksam.

Wie wichtig auch diese zweite Hauptart der Anwendung des Goldschmidtschen Verfahrens ist, möge daraus ersehen werden, daß es mit ihr ohne besondere Schwierig-

keiten möglich geworden ist, größere Reparaturen an Zahnrädern, Schiffswellen u. dgl. an Ort und Stelle auszuführen.

b) Die elektrische Schweißung.

Hier erfolgt die Zusammenfügung der Metalle durch die Wärme des elektrischen Stromes, meist unter Zuhilfenahme von Druck oder Schlag. Zu diesem Zwecke werden die zu verschweißenden Teile entweder in starke Kupferbacken eingeklemmt, durch die der elektrische Strom geschickt wird, oder man benutzt den Davyschen Lichtbogen. Während im ersten Falle der Widerstand an der Schweißstelle für den elektrischen Strom so stark wird, daß sich letztere starkt erhitzt und bei ausreichendem Drucke zusammenschmilzt, wird im zweiten Falle der Lichtbogen ähnlich wie eine Stichflamme ausgenutzt.

Der erstere Weg wird meist gegangen, wenn es sich um kurze Schweißstellen handelt, während der Lichtbogen bei ausgedehnteren Arbeitsstellen Anwendung findet.

c) Die autogene Schweißung[1]).

Diese Schweißung wird ausgeführt mit Wasserstoff und Sauerstoff und selbsterzeugend (autogen) genannt, weil weder Flußmittel noch Hämmerschläge, noch Pressung zum Verbinden der Schweißstücke notwendig sind. Verwendet wird ein auf 150 Atm. verdichteter Wasserstoff, sowie komprimierter Sauerstoff, die in einer Wasserstoff-Sauerstoffflamme vereinigt werden. Bei der Verbrennung von 2 T. H und 1 T. O werden theoretisch 6700° C erzeugt; durch Dissoziation des Wasserdampfes sinkt jedoch diese Temperatur auf 2400°. Beide Gase werden in dem Schweißbrenner von Schuckert oder Dräger vor der Entzündung gemischt. Während Schuckert die Gase etwa 1 m vor dem Brenner mittelst Hosenrohres zusammenlaufen läßt, und sie mittelst einer Schlauchleitung dem von Hand aus geführten Brenner zuführt, vereinigen sich bei Dräger die Gase in einem Mischrohr, welches weiterhin das Brennmundstück trägt. Die Bohrung des letzteren richtet sich nach der Stärke des zu bearbeitenden Bleches. Die entzündete Flamme hat — wie an der blauen Färbung ersichtlich — ihre heißesten Punkte etwa 10 cm vor der Brennerspitze; hier beträgt bei einer Mischung von 4 H und 1 O die Temperatur rd. 1900° C, wodurch das Eisen an der Schweißstelle ins Fließen gelangt. Durch langsames Überleiten der Flamme werden die Schweißränder, die gut aneinander gepreßt sein müssen, in ihrer ganzen Ausdehnung fortlaufend in engerem Umkreise flüssig und verbinden sich selbsttätig zu einem Stück. Diese einfachste Form der Schweißung wird an Blechen bis 3 mm stark ausgeführt; stärkere Bleche werden an beiden Kanten so abgeschrägt, daß die oben offene Seite der so gebildeten Dreiecksnute ungefähr eine Länge = der doppelten Stärke der Bleche erhält. Man kann alsdann mit der Flamme bis an die Innenseite der Bleche gelangen. Der zwischen diesen durch das Abschrägen entstandene Hohlraum wird mit flüssig gemachtem Draht, der fortlaufend unter gleichzeitiger Erhaltung des Flusses in die Blechnut eingebracht wird, ausgefüllt; hierdurch erhält die Schweißstelle ein mehr oder weniger welliges Aussehen. Im allgemeinen kann die autogene Schweißung nur bis zu 8 mm Blechstärke wirtschaftlich ausgeführt werden; stärkere Bleche müssen angewärmt sein. Ein Auswalzen oder Hämmern der noch warmen Schweißnaht vergrößert ihre Festigkeit und Dehnung, wenn auch letztere Größen nicht die im vollen Bleche vorhandenen Ziffern erreichen.

[1]) Vgl. u. a.: Die autogene Schweißung der Metalle, herausgegeben von der Chem. Fabr. Griesheim-Elektron Frankfurt a. M. 1907; ferner: Ernst Wiß, Die autogene Schweißung der Metalle. Z. d. V. d. I. 1906; Derselbe, Das autogene Schneiden und das Verfahren der Sauerstofferzeugung nach G. Claude. Z. d. V. d. I. 1909. S. 1417.

Eine Umkehrung des Verfahrens in gewissem Sinne bildet das autogene Schneiden, welches als ein Sauerstoffschmelzverfahren angesprochen werden kann. Dem Schneiden geht ein Erwärmen der betreffenden Stelle bis auf die Verbrennungstemperatur voraus; alsdann wird Sauerstoff von bestimmtem Druck und in einer bestimmten Strahlform aufgeblasen und der Brenner langsam entweder von Hand oder für besonders glatte Schnitte, mit maschineller Führung längs der aufzuschneidenden Bahn entlang geführt.

Der zum Schneiden verwendete Apparat besteht ähnlich wie beim Schweißen aus den Gasflaschen mit Ventilen (2 für Sauerstoff), Schläuchen zur Einleitung der Gase in den Brenner und diesem; letzterer zeigt eine zentrale Düse für Sauerstoff und eine Ringdüse für das aus H und O bestehende Heizgas; beide Düsen stehen mit besonderen Hähnen in Verbindung und werden nur nacheinander benutzt.

Es ist möglich, Bleche bis zu 150 mm Stärke zu durchschneiden.

d) Zum Schweißen von Gußeisen dient ein besonderes Mittel, Ferrofix, welches, gleich wie ein Lötmittel im offenen Schmiedefeuer benutzt, an der Berührungsstelle das Gußmaterial in Schmiedeeisen umwandelt und es somit schweißbar macht. Wie Versuche des Berliner Materialien-Prüfungsamtes erkennen lassen, sind Gußeisenschweißungen mit Ferrofix durchaus haltbar; es brachen die geschweißten Gegenstände niemals wieder an der Schweißstelle, sondern außerhalb derselben; auch zeigten sich die Eigenschaften des Gußeisens keinesfalls durch den Schweißprozeß irgendwie verschlechtert.

§ 83. Das Walzen des Eisens[1].

Erst durch das Walzen ist die Massenerzeugung eiserner Konstruktionselemente aller Art ermöglicht worden. Wenn auch die ersten Anfänge des Walzprozesses heute mehr als ein Jahrhundert zurückliegen, so erlangte derselbe doch erst von der Mitte des vergangenen Jahrhunderts an eine wirkliche Bedeutung[2]. Noch heute wird allenthalben an der Fortentwickelung des Walzprozesses im Sinne einer Vereinfachung und Verbilligung des Betriebes und einer Verbesserung seiner Erzeugnisse gearbeitet.

Ehe das Eisen der Walze überliefert wird, muß es i. d. R. bis zu seiner Ausschmiedhitze 900—1150° erwärmt werden; hierzu dienen Öfen, in denen der Block auf die erforderliche Walztemperatur gebracht wird, und zwar können dies sein, je nach der Art der Feuerung: Öfen mit direkter Kohlenfeuerung, solche mit Halbgasfeuerung[3], und endlich solche mit Gasfeuerung, während nach der Form unterschieden werden: Tieföfen, Herdöfen, Rollöfen bzw. Stoßöfen. Von der Ofenform unabhängig ist die Art der Beheizung, d. h. es kann eine jede der vorgenannten Bauarten mit jeder der erwähnten drei Heizungsarten verbunden werden.

Tieföfen liegen unter der Sohle des Walzwerkes und finden i. d. R. nur bei großen Blöcken von 2—5 t Gewicht Anwendung; in ihnen verweilt der noch warme

[1] Vgl. hierzu den Aufsatz von H. Koppenberg im Eisenbau Jahrg. II. 1911. Heft 1 u. 3. An diesen Aufsatz lehnen sich die Darlegungen des vorstehenden § an; auch sind die meisten der wiedergegebenen Abbildungen dem Koppenbergschen Aufsatze entnommen.

[2] Im Jahre 1849 wurde vom Ingenieur Zorès der erste I-Träger von 14 cm Höhe in einem Hause in Paris verwendet.

[3] Unter Halbgasfeuerung ist eine solche verstanden, bei der der Rost tief liegt, also eine größere Schütthöhe der Kohle möglich macht und zudem Gebläse-Unterwind unter dem Rost und vorgewärmter Oberwind über diesem zugeführt werden.

Block etwa $^1/_2$ bis 1 Stunde, der kalte 2—4 Stunden. Herdöfen werden für große wie kleine Blöcke verwendet, gestatten aber nur einen satzweisen Betrieb. Rollöfen erlauben hingegen einen kontinuierlichen Betrieb, indem bei ihnen die Einführung der zu erwärmenden Blöcke auf der einen Schmalseite, ihre Herausnahme „walzenfertig" an der entgegengesetzten Seite stattfindet. Die herausgenommenen heißen Blöcke werden jeweilig durch neu eingefügte Stücke ersetzt; der Betrieb ist mithin ein ununterbrochener. Die Fortbewegung der Blöcke in den länglichen Öfen erfolgt bei den Rollöfen durch Handarbeit. Tritt an ihre Stelle eine maschinelle, durch einen Stoßapparat bedingte Fortschiebung, so geht der Rollofen in den „Stoßofen" über, der ihm sonst gleichartig ist.

Der **Walzvorgang** beruht darauf, daß der auszuwalzende Block usw. zwischen 2 parallel gelagerten, um ihre Längsachse sich frei drehenden Walzen hindurchgeht; hierbei erfährt das Material eine allmählich zunehmende Verringerung des Querschnittes und eine somit bedingte Vergrößerung seiner Länge, eine „Streckung". Beide Größen

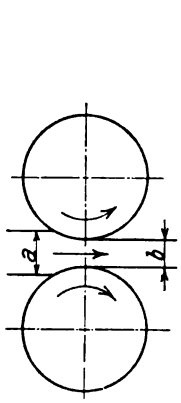


Abb. 14.

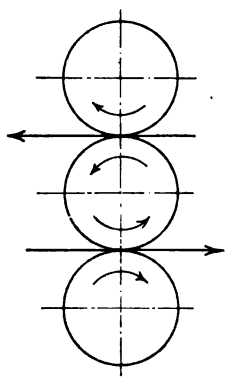


Abb. 15.

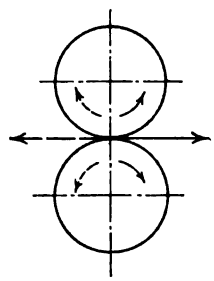


Abb. 16.

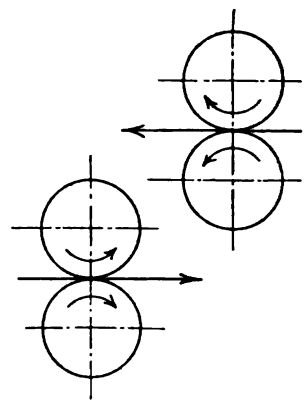


Abb. 17.

sind abhängig von dem Abstande der Walzen, ihrem Durchmesser und der Temperatur des Walzgutes.

Nach der Anzahl der Walzen und ihrem Zusammenarbeiten unterscheidet man in erster Linie das aus 2 Walzen bestehende Duowalzwerk, Abb. 14, und das 3 Walzen zeigende Triowalzwerk, Abb. 15. Als Abarten sind — abgesehen von den weiter unten zu besprechenden Universal-, Grey-, Sack- usw. Walzwerken — zu nennen: das Kehr- (Reversier-) Duo-Walzwerk, Abb. 16 und das Doppel-Duo-Walzwerk, Abb. 17.

Während bei dem einfachen Duo-Walzwerk das Eisen nur in einer Richtung die Walzen durchlaufen kann, und somit unter Umständen, beim Zurückholen, erheblich abkühlt, geht beim Triowalzwerk das Eisen, ohne daß der Drehungssinus der Walzen sich ändert, einmal zwischen der untersten und mittleren Walze unten, das andere Mal zwischen der mittleren und oberen Walze oben hindurch. Hier kann zur Vergleichmäßigung des Arbeitsganges und zur Kraftersparnis, gleich wie bei dem einfachen Duowalzwerk, ein Schwungrad Verwendung finden; dies ist beim Kehrwalzwerk, dessen Drehrichtung sich stetig ändert, nicht möglich; hier werden überhaupt i. d. R. nur besonders schwere Blöcke eingeführt, deren Hebung auf die obere Arbeitslinie eines Triowalzwerkes Schwierigkeiten bereitet. Das aus einer Auseinandernahme des Triowalzwerkes bestehende Doppelduowalzwerk findet vorwiegend bei leichterem Walzgut Anwendung.

Die Bewegungsübertragung von einer Walze auf die andere wird durch Zahnräder oder Kammwalzen vermittelt. Die Kammwalzen arbeiten — vgl. Abb. 18 — in einem geschlossenen Gehäuse, dem Kammwalzengerüst, welches gemeinsam mit dem die Arbeitswalzen stützenden Arbeitsgerüsten eine „Walzenstraße“ bildet. Der Antrieb erfolgt durch eine Dampfmaschine, eine Gasmaschine oder einen Elektromotor durch die Hauptkuppelung auf das Kammwalzengerüst und von diesem durch Kuppelspindeln und Kuppelmuffen auf die Arbeitsgerüste. Diese erhalten durch Querverbindungen die ausreichende Standsicherheit. Zur Anbringung der Armatur, der Abstreifmeißel usw. dienen eingeklemmte, schwere Vierkantstäbe, die Walzbalken.

Die Walzenlager, „Einbaustücke“, sind durch Stellvorrichtungen horizontal und senkrecht gehalten und in den Aussparungen der Führungsständer einstellbar.

Bei einfachem Querschnitte des geforderten Walzeisens, also keiner verwickelten Querschnittüberleitung, genügt i. d. R. zur Fertigstellung des Profils ein Gerüst. Handelt es sich hingegen um die Fertigstellung verwickelter Querschnitte, so sind 2, 3, oft auch noch mehr Gerüste notwendig. In welcher Weise die allmähliche Überleitung des Blockes in einen Stabeisenquerschnitt vor sich geht, möge aus den Abb. 19b, 20ab und 21abc entnommen werden. Während im ersten Fall der 200 mm im Quadrat große Block bis auf 80 mm Quadrat zusammengewalzt wird, ist in Abb. 20ab die Entstehung einer Eisenbahnschiene von 140 mm Höhe aus einem 200 mm Block, in Abb. 21abc das Walzen eines I-Eisens N.-P. Nr. 20 aus einem Blocke von 280 mm Quadrat zu ersehen. Bei der Schiene spielt sich der Walzprozeß auf 2 Duogerüsten in 11 „Kalibern“, bei dem I-Eisen auf 3 Triogerüsten in 17 Kalibern ab. Zu beachten ist, daß naturgemäß die „Fertigkaliber“ um den Betrag der Zusammenziehung des erkaltenden Querschnittes größer gemacht werden müssen.

Abb. 18.

Die Durchmesser je zweier zusammenarbeitender Walzen sind i. d. R. nicht genau gleich; vielmehr ist meist die obere — wenn auch nur wenig — größer als die untere; alsdann übt sie auf das Eisen einen sog. „Oberdruck“ aus und nötigt es, mit einer Krümmung nach der anderen Walze zu das Kaliber zu verlassen, um nun hier um so sicherer vom Abstreifer und den seitlichen Führungen erfaßt zu werden.

In Deutschland ist es üblich, den Block bis zum Fertigprofil auszuwalzen, d. h. kein „Halbzeug“, sondern nur „Fertigfabrikate“ zu walzen. Deshalb sind hier auch eine größere Summe verschiedenartigster Walzenstraßen notwendig, die von den schwersten bis zu den leichteren sich abstufen. Je nachdem ein Profileisen oder ein Blech gewalzt werden soll, unterscheidet man hierbei Stab- und Blechwalzwerke.

Die hauptsächlichsten Arten der Stabwalzwerke seien nach ihrer Größe geordnet nachfolgend zusammengestellt:

a) Duoblockstraßen. Walzendurchmesser 950—1150 mm, 1 Gerüst; Oberwalzen maschinell verstellbar. Herstellung von vorgeblocktem Material in allen Größen von Blöcken bis 400 mm im Quadrat. Leistung 600 t in 10 Std.

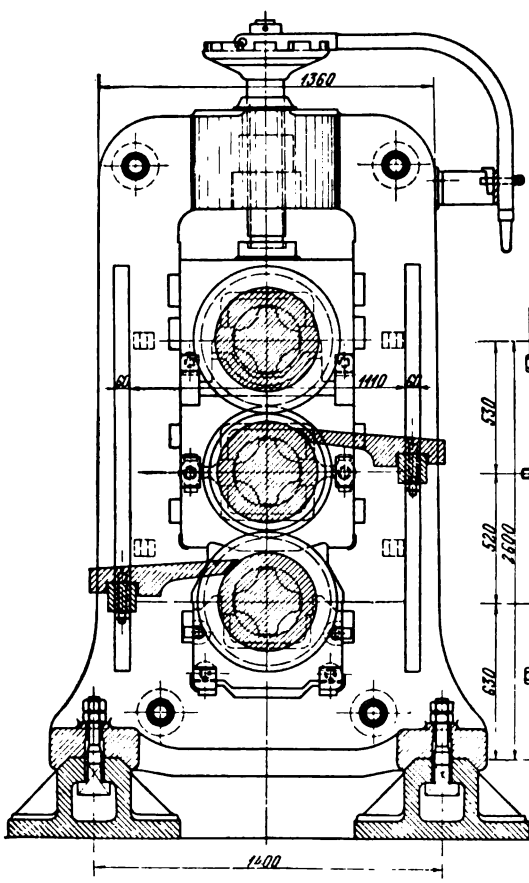


Abb. 19a.

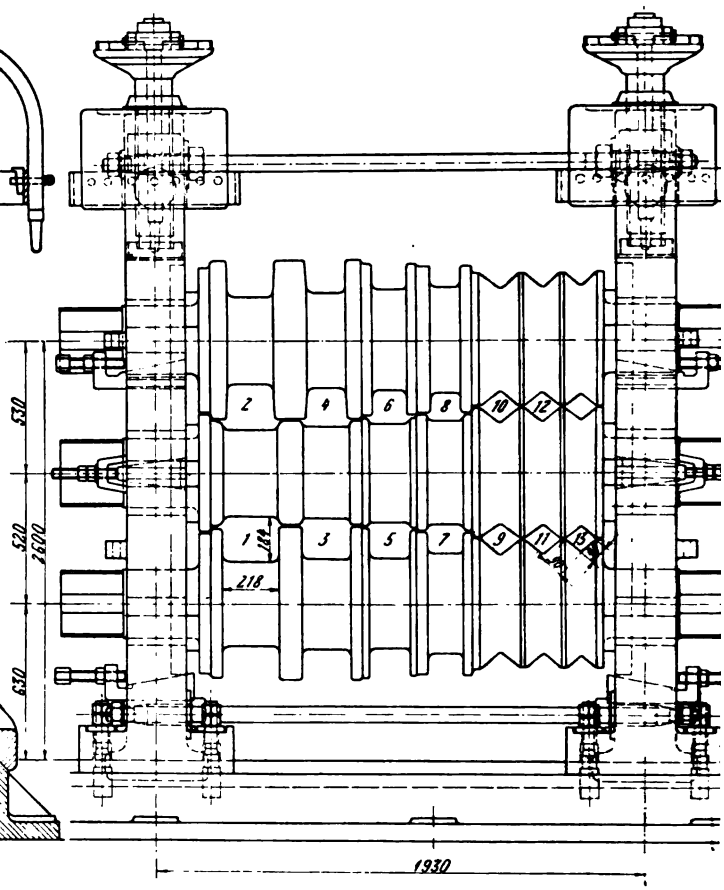


Abb. 19b.

b) Schwere Duowalzstraßen. Walzendurchmesser 850—950 mm, 2—3 Gerüste. Herstellung schwerer Träger (I 30—55) schwerer Schienen u. dgl. mit einem Gewichte von rd. 30 kg lfm. an aufwärts aus vorgewalzten Blöcken von 2000—5000 kg Gewicht. Leistung 400—500 t in 10 Std.

c) Schwere Triostraßen. Walzendurchmesser 750 bis 850 mm, 3—4 Gerüste; Herstellung mittelschwerer Träger, Schienen usw. im Gewichte von rd. 20—40 kg lfm, und

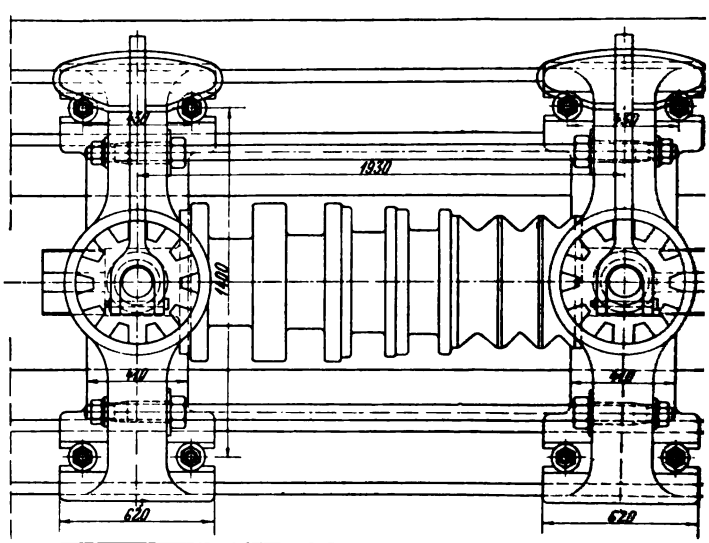


Abb. 19c.

Abb. 19a—c. Stabwalzwerk.

zwar aus vorgewalzten Blöcken von 1000—3000 kg Gewicht. Leistung 250—400 t in 10 Std.

d) Mittelschwere Triostraßen. Walzendurchmesser 600—700 mm, 4 Gerüste für Stabeisen im Gewichte von 15—30 kg lfm. Leistung 150—200 t in 10 Std.

e) Leichtere Triostraßen mit Walzendurchmesser von 500—600 mm und 3—4 Gerüsten, zur Herstellung leichterer Profile von 5—20 kg lfm. aus vorgewalzten Blöcken von 600—1000 kg. Leistung 100—200 t in 10 Std.

f) Schwere Doppelduostraßen mit Walzendurchmesser von 350—450 mm und 4—5 Gerüsten, sowie einer Vorstraße von einem Gerüste von 450—550 mm Durchmesser. Her-

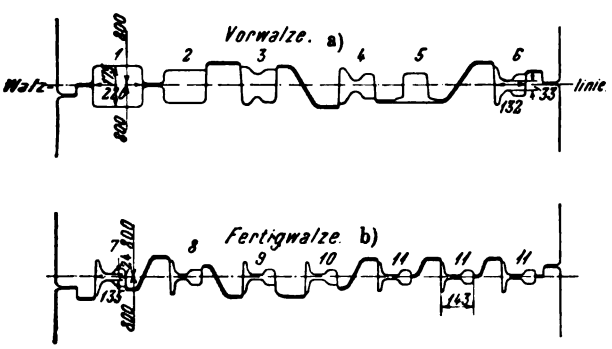


Abb. 20 a u. b.

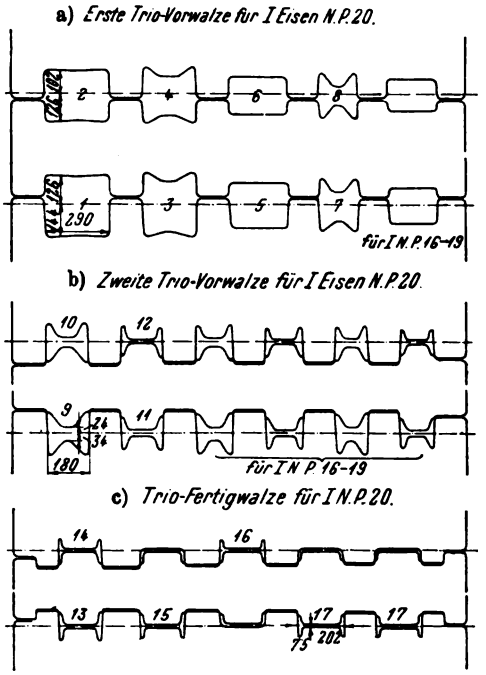


Abb. 21 a—c.

Abb. 22.
Blockwalzwerk.

stellung von Profilen von 1—8 kg lfm., leichtem Stabeisen, schwererem Bandeisen aus leichten Blöcken von 200—400 kg Gewicht. Leistung 60—80 t in 10 Std.

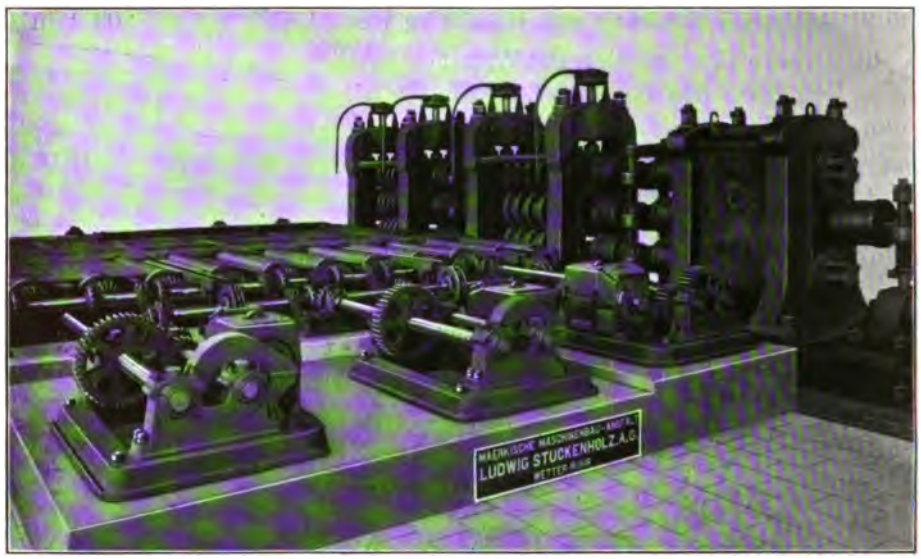


Abb. 23.
Triostraße für mittleres Stab- und Formeisen.

g) Leichte Doppelduostraßen von 250—350 mm Walzendurchmesser, mit 6—7 Gerüsten und einer Vorstraße von 1—2 Gerüsten mit 400—500 mm Durchmesser, für

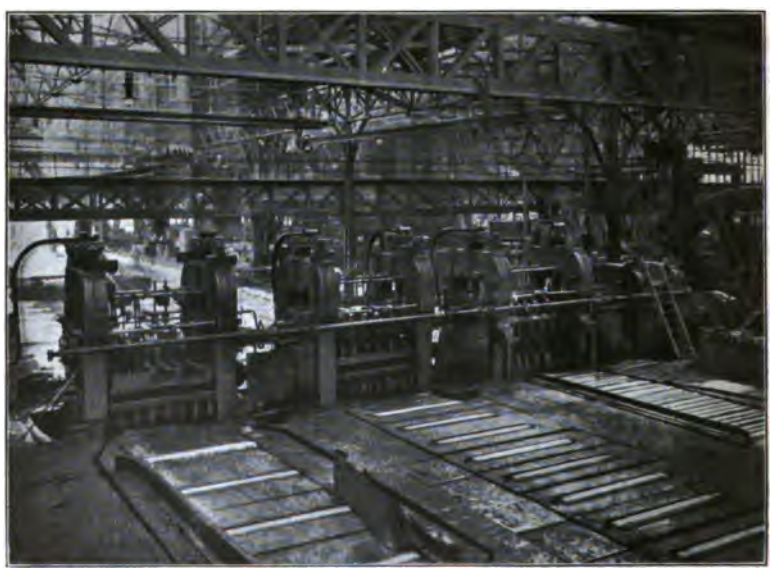


Abb. 24.
Trioprofilstraße mit Parallel und Schwenktischen.

sehr leichtes Stab- und Formeisen und Bandeisen im Gewichte von 0,2—2,0 kg lfm. und Knüppeln von 60—180 kg Gewicht mit einer Leistung von 30—50 t in 10 Std.

Walzwerke dieser Art zeigen die Abb. 22, 23, 24 und 25, und zwar stellt Abb. 22 ein Blockwalzwerk, Abb. 23 und 24[1]) eine Triostraße für mittleres Stabeisen, Abb. 25[1]) eine solche für Feineisen dar.

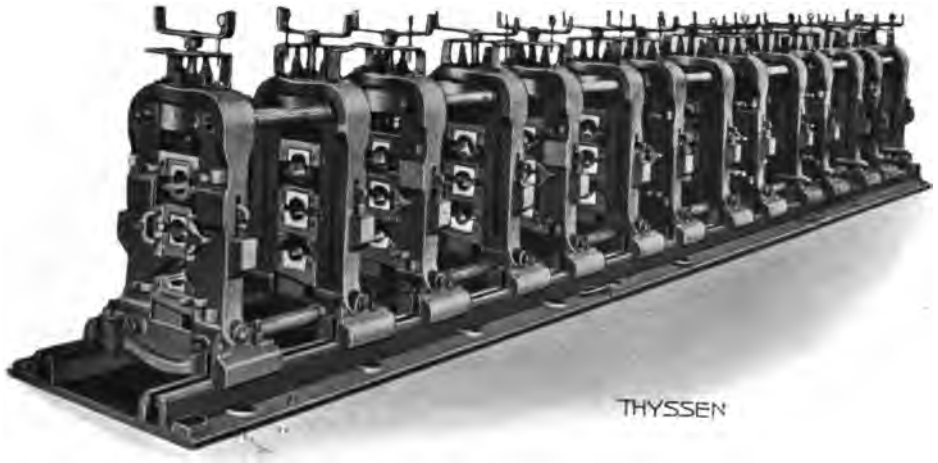


Abb. 25.
Triofeineisenstraße mit 175 mm Walzendurchmesser.

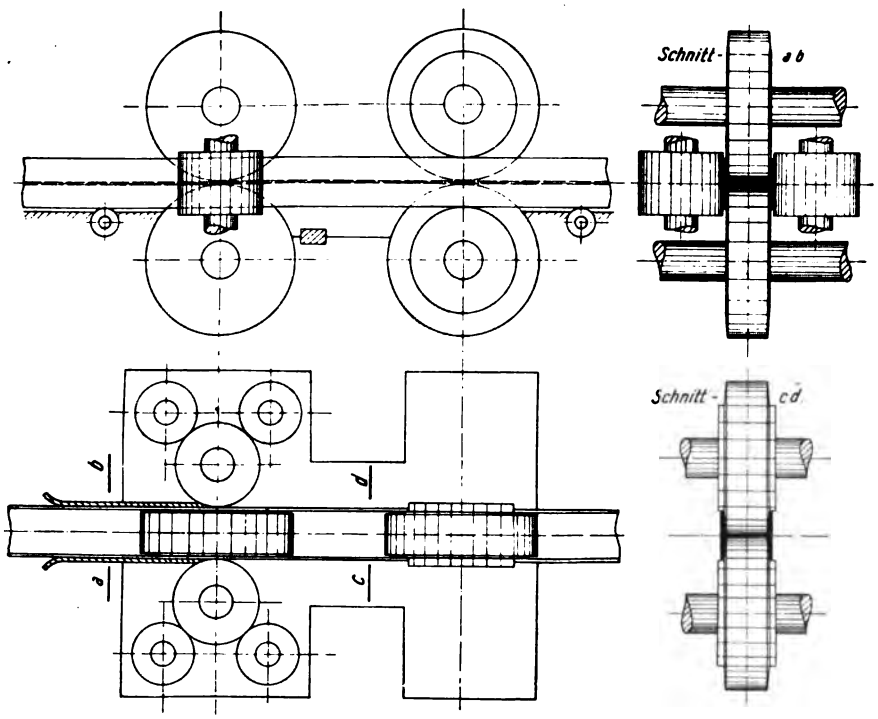


Abb. 26. Grey Walzwerk.

Ein gegenüber dem meist üblichen, voranstehend beschriebenen Walzverfahren erheblich verbessertes Verfahren ist das von der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks-

[1]) Abb. 24 u. 25 sind Ausführungen der Firma Thyssen & Co. zu Mühlheim a. d. Ruhr.

und Hütten-A.-G. in Differdingen nach Überwindung großer Schwierigkeiten in die Praxis eingeführte (amerikanische) Walzverfahren nach dem Patent Grey. Erst durch dasselbe ist es möglich geworden, hohe, dünnstegige und breitflanschige I-Eisen — Grey- oder B-Träger — (vgl. § 86) zu walzen, da bei dem üblichen Walzverfahren — vgl. Abb. 21 — vorwiegend nur der Steg der I-Eisen ein regelrechtes Strecken erfährt, die Flanschen hingegen nur unvollkommen durchgearbeitet werden. Das Grey-Walzwerk — vgl. Abb. 26 — besteht, abgesehen von einem Vorwalzblockwerke, aus 2 hintereinander liegenden Gerüsten, auf deren ersterem die Herausarbeitung des Steges und der Flanschen stattfindet, während das zweite die Kanten der Flanschen preßt und den Träger richtet. Mit diesem Walzwerke lassen sich Träger bis 750 mm Höhe und von 300 mm Flanschenbreite einwandfrei walzen[1]).

Erheblich von den Stabwalzwerken weichen die zur Herstellung der Bleche benutzten **Blechwalzwerke** ab, da ihre Walzen glatte Zylinder sind, weil i. d. R. die Blechwalzung nur an der Unter- und Oberseite stattfindet, nicht aber an den Rändern. Entsprechend der sich beim Walzen verringernden Stärke der Bleche gestatten die Walzen ein Engerstellen. Grobbleche werden auf nur einem, Feinbleche auf 2—3 Gerüsten gewalzt. Feinbleche unter 2 mm Stärke werden nicht mehr einzeln, sondern zu mehreren zusammengefaltet ausgewalzt und schließlich auseinander geschnitten.

Verwendung finden:

Für schwerere Bleche: Rückkehrduo-Walzwerke von 1200—900 mm Walzdurchmesser,

für mittlere Bleche; Trio-Walzwerke mit Walzendurchmesser von 1000 bis 750 mm, und zwar zweckmäßig in der Lauthschen Konstruktion, mit einer dünnen, leicht heb- und senkbaren Mittelwalze,

für Feinbleiche: Duogerüste, stets in derselben Richtung durchlaufend von 400 bis 550 mm Walzendurchmesser. Hier wird demgemäß die Platte nach jedem Durchgange wieder zurückgegeben.

Abb. 27 stellt ein Blechwalzwerk für Grobbleche, Abb. 28 ein Lauthsches Walzwerk, Abb. 29 und 30 ein Blechwalzgerüst und eine aus solchen sich zusammensetzende Walzenstraße dar.

Soll ein Blech auch an seinen Rändern gewalzt werden, so muß seine Herstellung auf dem Universalwalzwerk erfolgen, welches aus einem Satz wagrechter und einem Satz senkrechter Walzen besteht, die beide von derselben Maschine aus angetrieben werden, Abb. 31. Durch die senkrechten Walzen werden auch die Ränder bearbeitet und somit ein hervorragend gefestigtes, regelmäßiges Blech, ein Universalblech erzeugt, das heute bis zu 1000 mm Höhe (und noch mehr) ausgewalzt wird und an besonders gefährdeten Stellen (z. B. Stehblech der Blechträger) bevorzugt wird.

Bei allen vorbeschriebenen Walzwerken finden zur Bewegung der Walzprofile die verschiedenartigsten Transportvorrichtungen Anwendung. Hier sind zu nennen: Zur Bewegung in der Walzrichtung Rollgänge, für die Bewegung quer hierzu Schleppzüge, für die Hochhebung der Eisen und Bleche Dachwippen und Hebetische. Ihre Gesamtanordnung, namentlich ihre Aufeinanderfolge und ihr Eingreifen in einander ist aus der

[1]) Ein ähnliches Walzwerk ist das jetzt auf dem Rombacher Hüttenwerk in Anwendung kommende Sacksche Walzwerk. Es besteht aus 4 Gerüsten, die alle — ähnlich wie bei Grey — als Vierwalzwerke ausgeführt sind; im ersten erfolgt die vorbereitende Formgebung, im zweiten werden der Steg und die gekrümmten Flanschen erzeugt, im letzten findet ein Aufbiegen dieser und ein Nachwalzen des Profils statt. Vgl. die Abbildung in Eisenbau 1911. Heft 3. S. 114. Abb. 26.

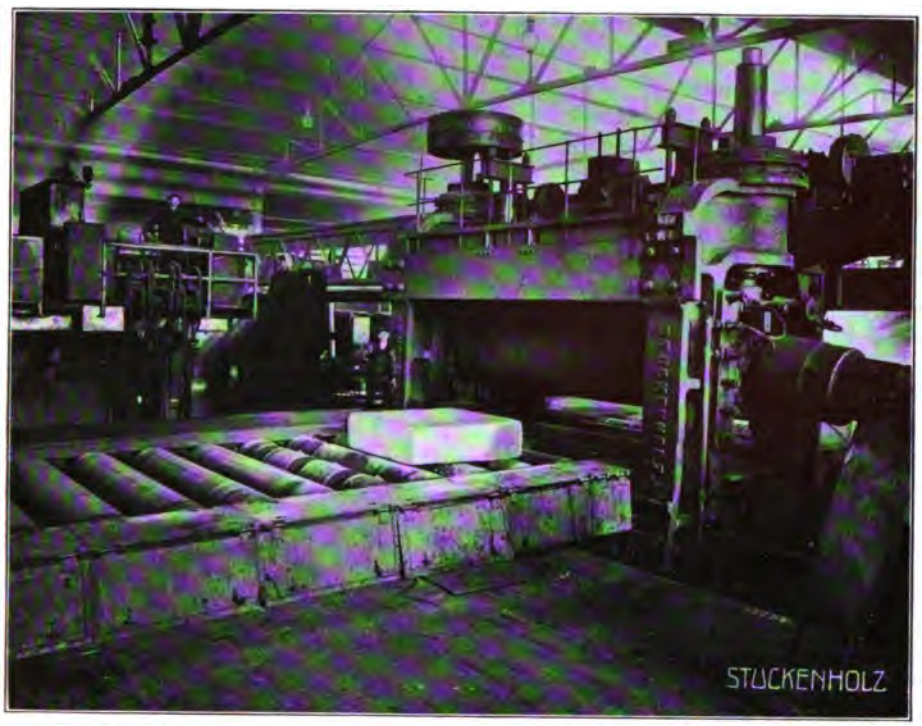


Abb. 27.
Blechwalzwerk.

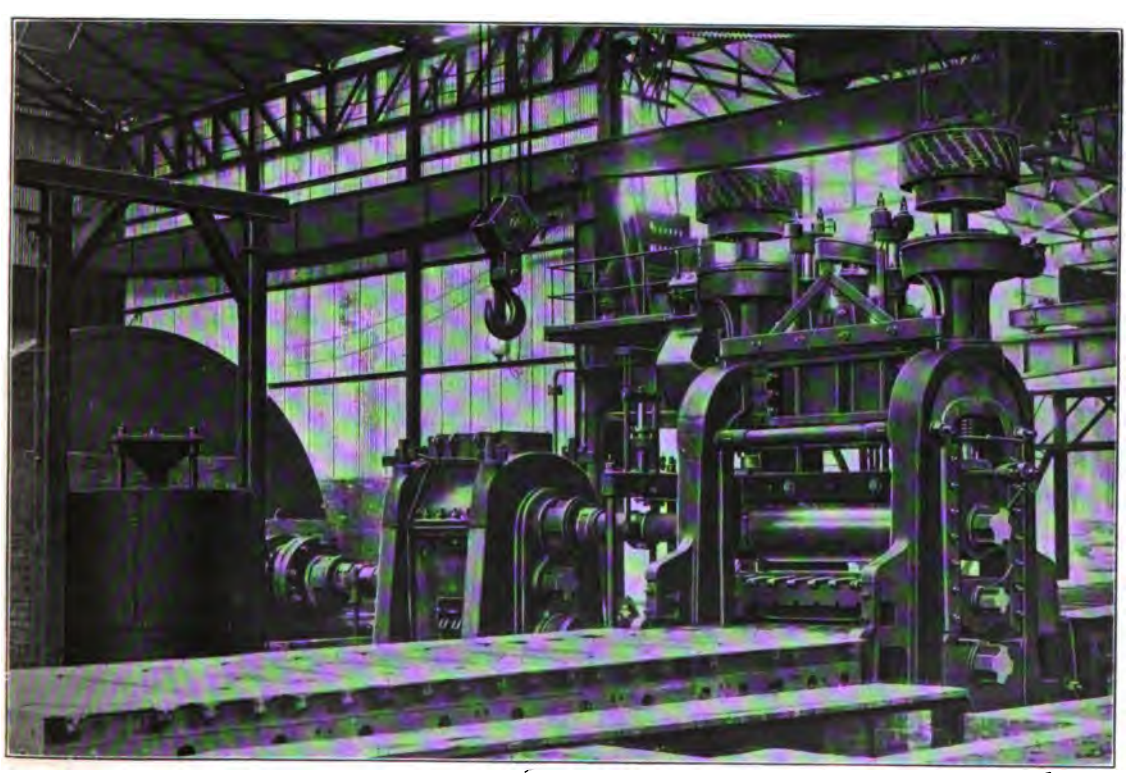


Abb. 28.
Lauthsches Blechwalzwerk.

Abb. 32 zu entnehmen, welche eine vollkommene Straße mit ihren Rollgängen, Hebetischen, Schleppzügen und Dachwippen zur Darstellung bringt.

Die Rollgänge bestehen — vgl. auch Abb. 24 — aus in kurzen Abständen parallel zueinander gelagerten Rollen, die durch ihre Drehung das Walzeisen fortbewegen und zudem meist Vorrichtungen aufweisen, um zugleich das Eisen um seine Längsachse zu kanten. Schleppzüge bewegen das Eisen mit Hilfe von aus Fußbodenhöhe des Walzwerkes heraustretenden Daumen, die durch Ketten und Seile ohne Ende, meist mit elektrischem Antriebe, verschoben werden; die Dachwippe besteht aus einem Hebelzuge zum Anheben des Eisens, um es z. B. auf die obere Walzenbahn zu bringen, während endlich der Hebetisch, den gleichen Zwecken wie die Dachwippe dienend, eine parallele Hebung oder eine Schwenkbewegung erfahren kann.

Abb. 29.
Feinblechwalzgerüst.

Nach Fertigwalzung des Walzeisens geht es über das Warmbett, einem mit Schleppzügen ausgestatteten Schienenrost, der als Sammelstelle und Abkühlungsplatz dient, endlich zur „Adjustage". Hier erfolgt die endgültige Bearbeitung für den Versand oder für die Abgabe an das Lager.

Der Gesamtgang des Walzeisens ist aus Abb. 33, der Anordnung eines vollständigen Walzwerkes mit allen Nebeneinrichtungen zu ersehen.

Hier folgen nacheinander: Ofen, „Luftbahn" zum Vorwalzwerk, Hebetische, Triovorstraße mit einem Arbeitsgerüst, Transportrollgang, Triofertigstraße mit vier Arbeitsgerüsten und Dachwippen Schere (um die das Auswalzen hindernden Enden fortzunehmen), Abfuhrrollgang, Warmsäge (zur etwaigen Zerteilung des Eisens), Schlepper, Warmbett, Fertigrollgang, Kaltlager.

Von besonderen Arten von Walzwerken sind zu nennen:

a) Wellblechwalzwerke, b) Drahtwalzwerke, c) Röhrenwalzwerke.

Abb. 30.
Feinblechstraße.

a) Wellblechwalzwerke. Die hier verwendeten Walzwerke sind i. d. R. Duoreversier-Walzwerke schwerer Ausbildung mit kanelierten, der Wellblechform unmittelbar angepaßten Walzenflächen; meist werden nur dünne Wellbleche gewalzt und hier auch nur solche mit niedrigen Wellen, während Trägerwellbleche und stärkere, flache Wellbleche zweckmäßig mit Hilfe hydraulischer Pressen mittelst Stahlstempeln in Matritzen hergestellt werden.

b) Drahtwalzwerke — Abb. 34 —. Die hier zur Verwendung kommenden Drahtstraßen zum Walzen von Flußeisen- und Stahldraht bis zu 3 mm Stärke sind drei- oder

vierfach gestaffelt, z. B. versehen mit einer 450er Vorstraße mit 1 Gerüst, einer 360er Mittelstraße mit 2 Gerüsten und einer 260er Fertigstraße mit 7—9 Gerüsten, teils als Duo-, teils als Triowalzwerke arbeitend. Bei den Kalibern wechseln i. d. R. Oval und Quadrat ab; auf das letzte Oval folgt das Rundkaliber als Schluß. Mit der starken Verlängerung des Eisens infolge seiner erheblichen Querschnittsabnahme muß sich die Geschwindigkeit der Walzen stufenmäßig erhöhen, damit der Draht sich nicht zwischen den Gerüsten anhäuft und abkühlt. Das Eisen wird als quadratischer Stab von 40 bis 70 mm Seitenlänge und 20—25 kg Gewicht weißglühend eingeführt, um in einer einzigen Hitze fertiggewalzt zu werden; demgemäß muß der Draht sofort von einem Kaliber in das andere übergehen, wozu besondere Leitkanäle vorhanden sind. Aus dem Endkaliber

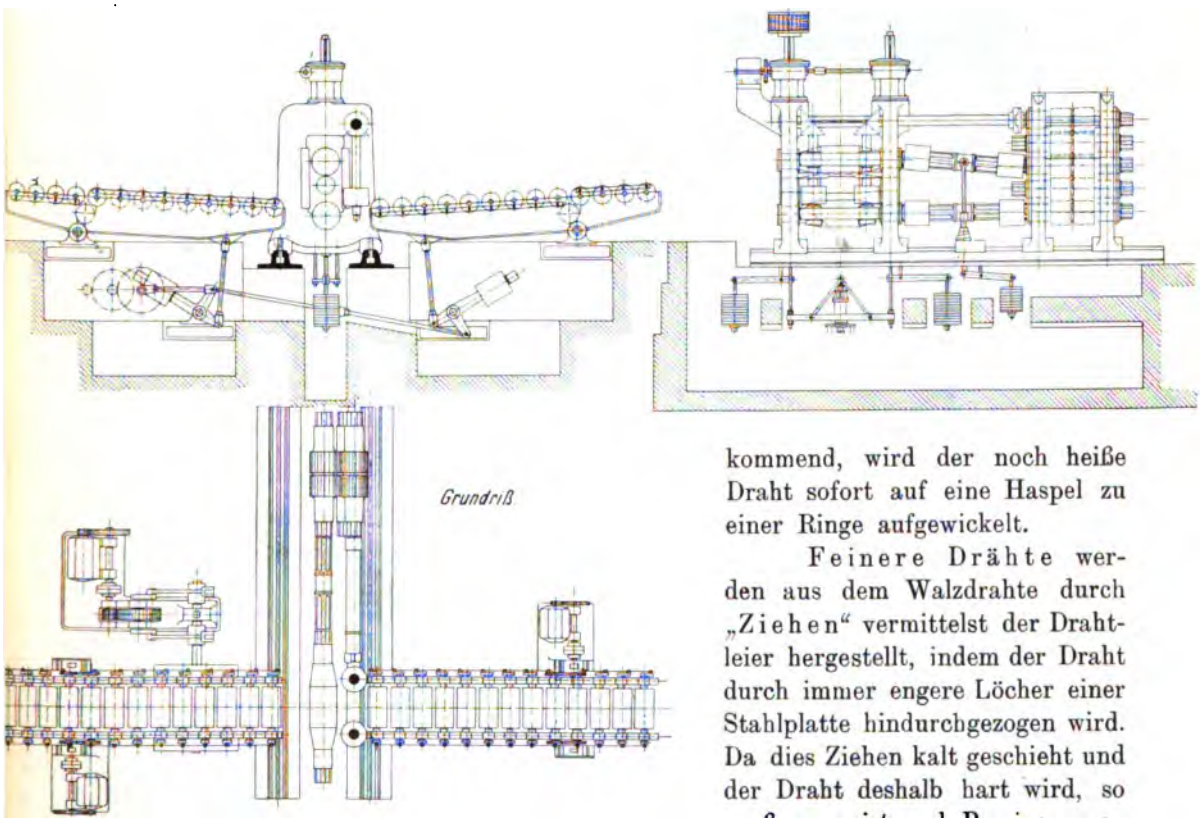


Abb. 31.
Universalwalzwerk.

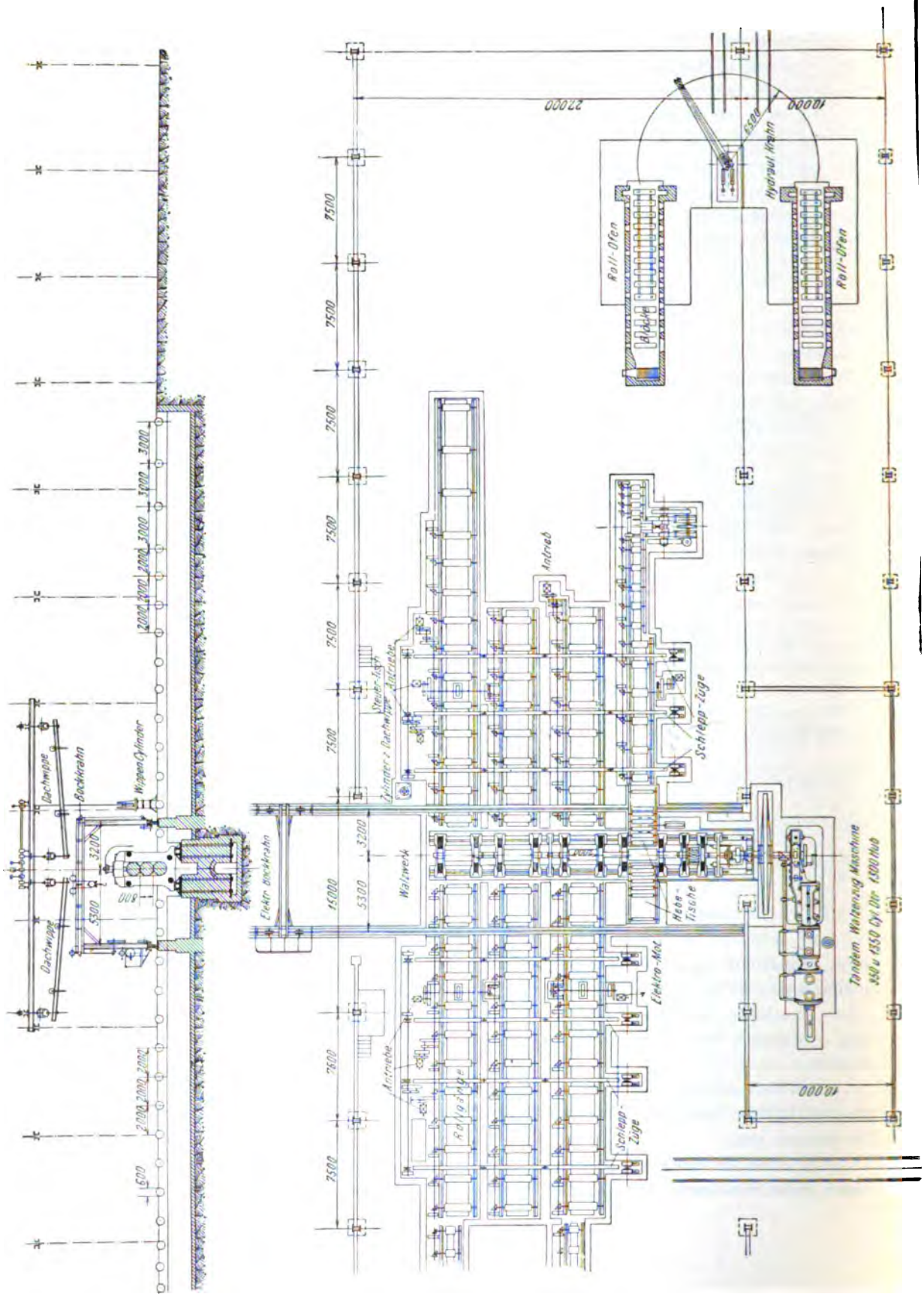
kommend, wird der noch heiße Draht sofort auf eine Haspel zu einer Ringe aufgewickelt.

Feinere Drähte werden aus dem Walzdrahte durch „Ziehen“ vermittelst der Drahtleier hergestellt, indem der Draht durch immer engere Löcher einer Stahlplatte hindurchgezogen wird. Da dies Ziehen kalt geschieht und der Draht deshalb hart wird, so muß er, meist nach Passieren von 6 Lochkalibern, wieder erwärmt werden. Die hierbei unvermeidliche Oxydschicht, welche die Löcher erweitern würde, wird durch chemische oder mechanische Mittel beseitigt.

Nach der Größenabstufung der Leierwerke unterscheidet man: Grobzug, Mittelzug, Feinzug. Die Zuggeschwindigkeit ist durchschnittlich 25 bzw. 50 m in der Minute.

c) Röhrenwalzwerke. Die hier angewendeten Sonder-Walzverfahren, welche vorwiegend hütten- und maschinentechnischer Art sind, sollen nur kurz besprochen werden. Zu nennen sind:

α) Das Mannesmann-Verfahren. Hier wird zunächst der heiße, volle Flußeisen- oder Stahlblock gelocht und alsdann der dickwandige Hohlkörper zum dünnen


Dachwippe
Bockkrahn
Wippen Cylinder
Elektr. Bockkrahn
Walzwerk
Antrieb
Schlepp-Züge
Hebe-Tische
Elektro-Mot.
Rollgänge
Roll-Ofen
Hydraul. Krahn
Tandem Walzenzug Maschine
950 u. 1350 Cyl. Dtr. 1300 Hub
27000
10000
15000
5300
3200
7500
7600
10000

Schnitt a-b

Rohre umgeformt und zwar unter Verwendung des sogen. Pilgerwalzwerkes durch stoßweises Ausstrecken über einem Dorn. Die Rohrlänge beträgt 10—12 m.

β) Ehrhardtsches Verfahren. Hier wird ein quadratisch gewalztes Werkstück zunächst in einem unten verschlossen bleibendes Rohrstück durch zentrisches Eintreiben eines kreisförmigen Dornes umgewandelt und alsdann mit Hilfe eines langen, schwach konisch gedrehten Stahldornes durch eine Anzahl hintereinander liegender Ringe hindurchgedrückt und somit in Rohrform ausgezogen.

γ) Auch kann man nahtlose Rohre in Kaliberwalzen herstellen, indem man die in der Mitte gelochten Blöcke beliebiger Form in Kaliberwalzen über Dorne hinwegwalzt und ihren Querschnitt hierbei allmählich verringert, während die Länge zunimmt.

Neben der Herstellung der Rohre durch Walzen, d. h. dem sogen. nahtlosen Rohre, werden häufiger die Rohre aus einem gebogenen Blechmantel und durch Zusammenschweißen dieses gewonnen. Hier ist zunächst ein Verfahren zu nennen, bei dem der Blechstreifen, warm gemacht, durch einen Trichter gezogen und hierdurch in Rohrform gebracht wird; dabei werden die Seitenkanten des Streifens gegeneinander gepreßt und dann verschweißt. Die 4—6 m langen „stumpfgeschweißten“ Rohre finden für Gas- und Wasserleitungen Verwendung, für letztere i. d. R. verzinkt. Änlich — ebenfalls unter Verwendung von Trichtern, nur in rotwarmem Zustande — werden die überlapptgeschweißten Rohre erzeugt, nur daß hier die Schweißnaht nicht stumpf zusammentrifft, sondern ihre beiden Teile übereinander greifen; hierdurch ist naturgemäß die Festigkeit in der Schweißnaht erheblich vergrößert.

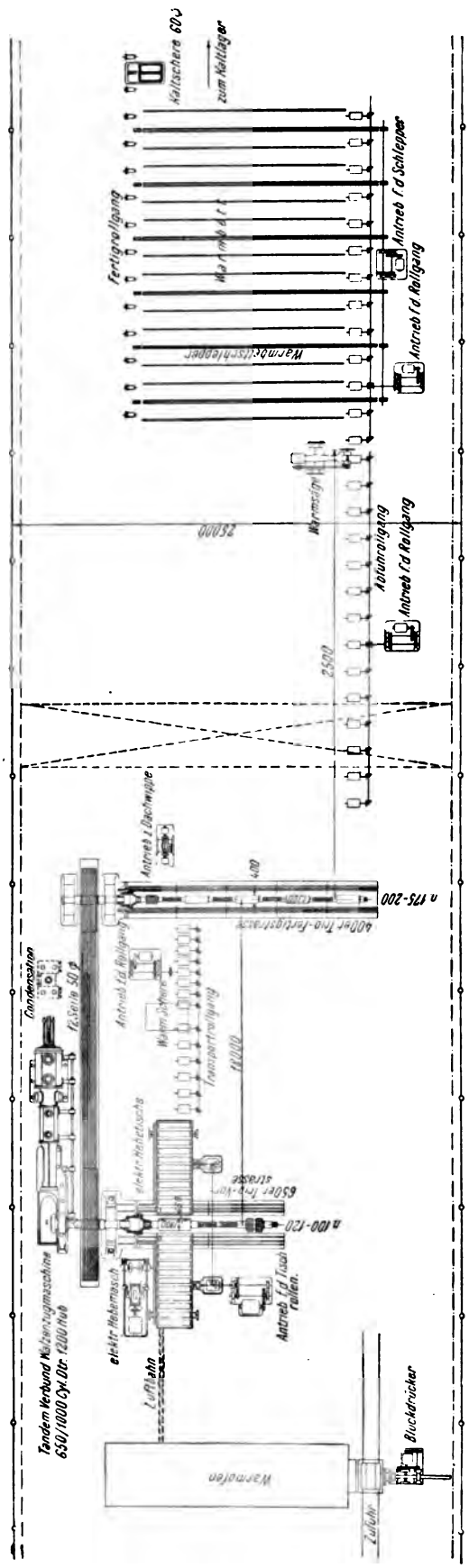


Abb. 33.

Abb. 34.
Drahtwalzwerk.

Endlich seien die spiralgeschweißten Rohre erwähnt, bei denen die Schweißnaht spiralförmig verläuft. Hier wird das Rohr aus einem schraubenförmig geführten Blechstreifen gebildet, an dessen Überdeckungsstellen die Schweißung eintritt.

§ 84. Die Grundzüge[1]) der Maschinen zur Bearbeitung des Eisens für Baukonstruktionen.

Als wichtigere Maschinen, welche zur Bearbeitung der Profileisen, Bleche, Gußstücke usw. in Frage kommen, seien genannt:

1. **Blechscheren.** Nach der Art des Kraftangriffes und des Schneidens können unterschieden werden:

a) Winkelhebelschere mit einem festliegenden und einem durch einen Hebelzug beweglichen Messer, zum Schneiden dünnerer Bleche usw. geeignet, Abb. 35[2]).

Die Maschine hat eine gehobelte gußeiserne Tischplatte mit Verlängerungsarmen mit Schlitten, in denen ein beliebig parallel oder schräg einstellbares Lineal bis zur Breite = der Messerlänge vom Schnitt weg verschoben bzw. festgeschraubt werden kann.

[1]) In diesem für den Architekten und Bauingenieur bestimmten Lehrbuche können naturgemäß nur die Grundzüge der obigen Maschinen behandelt werden; wegen ihrer Einzelheiten sei auf das Werk: Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes von Egbert v. Hoyer, Wiesbaden, C. W. Kreidels Verlag, 1906 und die Werke der Mechanischen Technologie sowie auf die Veröffentlichungen der unten genannten Maschinenbauanstalten usw. verwiesen.

[2]) Ausf. der Maschinenfabrik Weingarten vorm. Schatz A G., Weingarten, Württemberg.

Abb. 36 zeigt eine Schwinghebel-Blechschere mit Exzenter und Zahnrad mit beliebig vorwärts- und rückwärtswirkendem Hebel. Die Konstruktion[1]) arbeitet infolge der vorteilhaften Hebelübersetzung sehr leicht.

Abb. 35.
Winkelschere.

Abb. 36
Schwinghebel-Blechschere.

b) Kreis- oder Zirkularschere. Die Schneidebewegung wird durch 2 sich in entgegengesetztem Sinne drehende kreisförmige Schneiden bewirkt, Abb. 37[2]). Die Scheren können je nach ihren besonderen Vorrichtungen zum Rund-, Streifen- und Spiral-

Abb. 37.
Zirkularschere zum Rund- und Streifenschneiden

schneiden, bei Verwendung eines Führungstisches auch zum Besäumen von Blechen vorteilhaft Verwendung finden. Sie bestehen — vgl. Abb. 37 — vielfach aus 2 Teilen, einerseits der Schere, andererseits aus einem besonderen Führungsgerüste, in das ein Lineal, ein Führungsbügel usw. eingefügt werden kann.

[1]) Die Schere stellt eine Ausführung der Maschinenfabrik W. Momma in Wetzlar dar.
[2]) Ausführung der Bonner Maschinenfabrik Fr. Mönkemöller & Co. zu Bonn a. Rh.

c) Rahmen- oder Parallelschere mit einer unten festen und einer oben beweglichen Schneide, letztere im Rahmen eines festen Gestelles geführt. Der Antrieb kann ein sehr verschiedener sein; meist dienen ihm Kurbeln oder hydraulische Zylinder. Derartige, für schwere Arbeiten verwendbare Scheren stellen die Abb. 38 bis 42 dar.

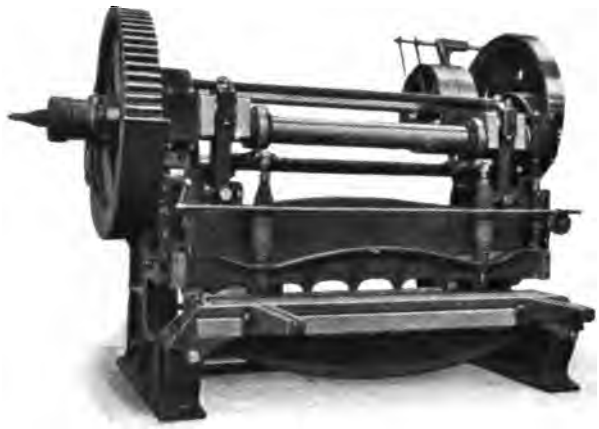


Abb. 38.
Blechschere für große Schnittlänge (Kurbelschere).

Es zeigt: Abb. 38[1]) eine Blechschere für große Schnittlängen mit Kurbelantrieb, schneidend bis zu 2000 . 12 mm, Abb. 39[1]) eine ausladende Blechschere zum Besäumen von Blechen und Schneiden solcher in beliebiger Länge, aber begrenzter Breite,

Abb. 40[2]) eine Doppelschere zum Schneiden von Winkeleisen und Blechen,

Abb. 41[3]) eine hydraulische Schere für Bleche von 30 mm Stärke, mit 600 mm Seitenausladung und 800 mm Messerlänge,

Abb. 42[3]) eine ähnliche Anordnung, jedoch mit unmittelbar angebauter Preßpumpe, für elektrischen oder Riemen-Antrieb. Die Schere schneidet Träger von 80 bis 550 mm Höhe.

2. **Lochstanzen.** Hier schneidet ein Stempel, Drücker, Meißel aus dem Arbeitsstücke infolge einer von Hand (meist durch Hebel, Spindel, Zahnräder usw.) oder maschinell bewegten Vorrichtung einen Teil aus dem Eisenwerkstück vollkommen heraus. Oft werden Lochmaschinen, namentlich wenn sie mit anderen Maschinen vereinigt sind, durch Wasserdruck angetrieben. Die Ausführungsformen sind sehr verschiedenartig. Die Abb. 43—51 stellen einige von ihnen dar und zwar zeigt:

Abb. 39.
Ausladende Blechschere.

Abb. 43[4]) eine einfache Handlochstanze, Abb. 44[4]) eine Spindellochstanze, Abbildung 45[4]) einige gleichartige, jedoch größere Ausführung, Abbildung 46[4]) eine kleinere, Abbildung 47[4]) eine größere Hebellochstanze, Abb. 48[5]) eine I-Träger-Lochstanze zum

[1]) Ausführung des Stahlwerkes Oeking A. G. Abt. Maschinenfabrik. Düsseldorf. Desgl. Abb. 39.

[2]) Ausführung von Thyssen & Co. in Mülheim a. Ruhr.

[3]) Abb. 41 und 42 stellen Ausführungen der Kalker Werkzeugmaschinenfabrik Breuer, Schumacher & Co. A. G. zu Kalk-Köln dar.

[4]) Die Abb. 43—47 zeigen Ausführungen der Maschinenfabrik zu Weingarten in Württemberg, vorm. Schatz A. G.

[5]) Ausführung der Maschinenfabrik W. Momma in Wetzlar.

Abb. 40.
Doppelschere zum Schneiden von Winkeleisen und Blechen.

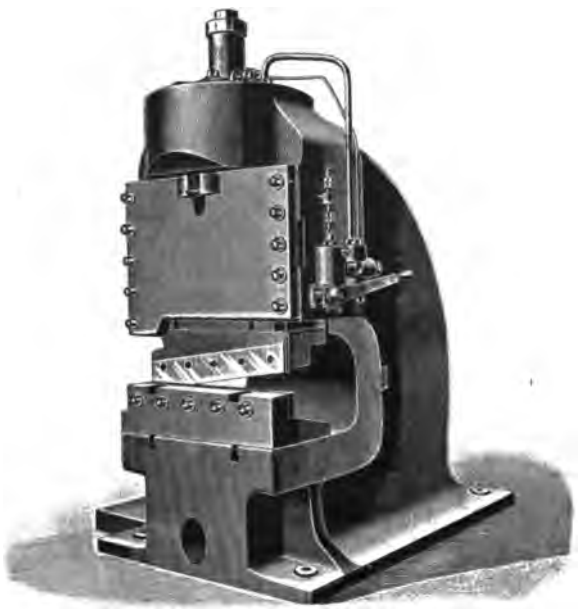


Abb. 41
Hydraulische Schere.

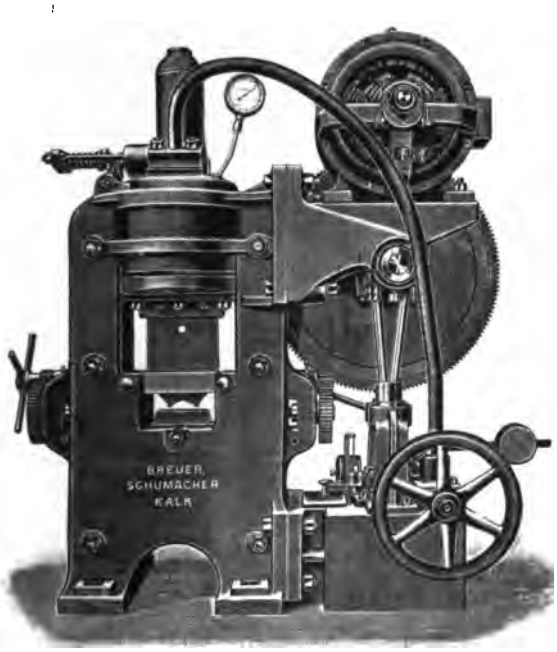


Abb. 42.
Hydraulische Schere mit angebauter Preßpumpe.

Abb. 43
Einfache Handlochstanze.

Abb. 44.
Kleine Spindellochstanze.

Lochen sowohl der Stege wie der Flansche, während die Abb. 49[1]), 50[1]) und 51[2]) eine Vereinigung von Stanzen und Blechscheren — z. T. auch Winkelscheren (Abb. 51) — aufweisen.

Abb. 45.
Größere Spindellochstanze.

Abb. 46.
Kleine Hebellochstanze.

Abb. 47.
Größere Hebellochstanze.

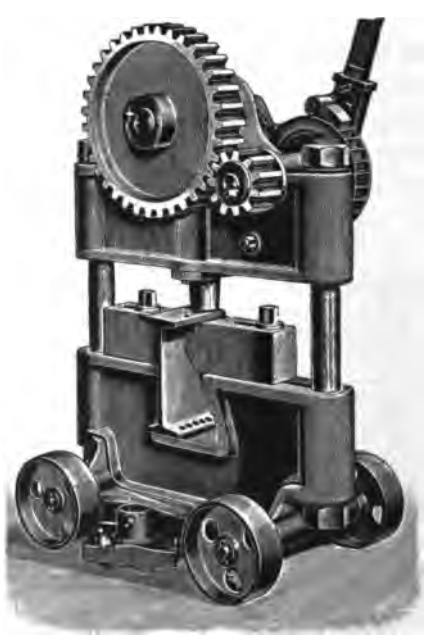


Abb. 48.
Trägerlochstanze.

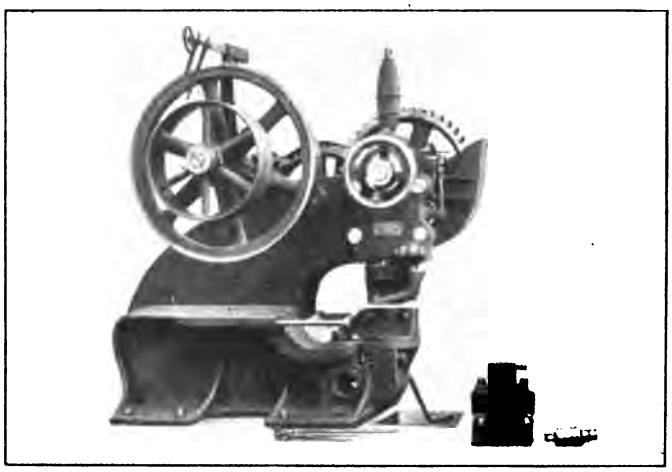
[1]) Ausführung des Stahlwerkes Oeking A. G. Abt. Maschinenfabr. in Düsseldorf. Die hier dargestellte Lochmaschine ist eine solche mit gekröpftem Gestell; sie kann gleichzeitig zum Schneiden von Blechen beliebiger Länge und Breite dienen. D.R.G.M. Nr. 416305.

[2]) Ausführung der Kalker Maschinenfabrik vorm. Breuer, Schumacher & Co. Das oben dargestellte System ist ein Hebelsystem; es können Löcher von 26—50 mm Durchm. gestanzt, Bleche bis 50 mm Stärke und Winkel bis 150 mm Schenkellänge (auch in Gehrung) geschnitten werden.

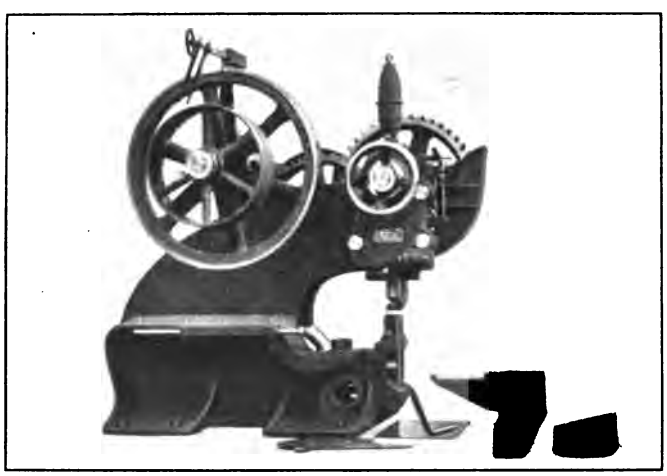
3. **Hobelmaschinen.** Die zur Eisenbearbeitung dienenden Hobelmaschinen arbeiten normal mit Meißeln, die sich geradlinig bewegen. Hier wird das zu bearbeitende Werkstück auf einem verschieblichen, wagerechten Tisch fest aufgespannt, der i. d. R. seine genaue Bewegung durch eine Schraubenspindel erfährt und in Gußeisen konstruiert ist; die von ihm unmittelbar ausgeführte und demnach dem abzuhobelnden Eisen erteilte Bewegung nennt man die Arbeitsbewegung.

Da das Abhobeln nur streifenweise vor sich gehen kann, muß auch der Meißel, um seine Arbeitsstelle verändern zu können, verschiebbar angeordnet sein und zwar sowohl in wagerechter als auch in senkrechter Richtung — Schaltbewegung. Dies wird dadurch erreicht, daß der Meißel in einem Meißelträger (Support) festgehalten ist, der von einem Querbalken getragen wird; letzterer ist in Schraubenführungen an dem Gestell der Hobelmaschine aufgehängt und kann beliebig gesenkt und gehoben werden, wodurch die senkrechte Einstellung der Meißel erfolgt, während die Supporte wieder in dem genannten Querbalken — meist durch eine Spindelführung — wagerecht verschieblich sind; es kann demgemäß der Meißel jede beliebige Stelle des Arbeitsstückes erreichen.

In den Abb. 52 und 53 [1]) sind 2 Schnellhobelmaschinen dargestellt, die eine mit nur einem Meißelträger, eingerichtet für 150 mm-Schnitt, die andere mit zwei in wagerechter und einem in senkrechter Ebene am Rande schneidenden Supporten.



Maschine zum Schneiden gestellt.



Maschine zum Lochen gestellt.

Abb. 49 und 50. Schere vereinigt mit Lochstanze.

Für besondere Zwecke kommen noch in Frage: Blechkantenhobelmaschinen, Weichenzungenhobelmaschinen, Rundhobelmaschinen, namentlich zur Bearbeitung schwerer Stahlarbeitsstücke, endlich Stoßmaschinen. Diese dienen zum Bearbeiten innerer und äußerer Flächen an schweren Arbeitsstücken vermittelst eines Schnellaufstahles; der ausbalancierte „Stößel" gleitet in flachen mit rechteckigen Leisten

[1]) Ausführung von der Sächs. Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann in Chemnitz.

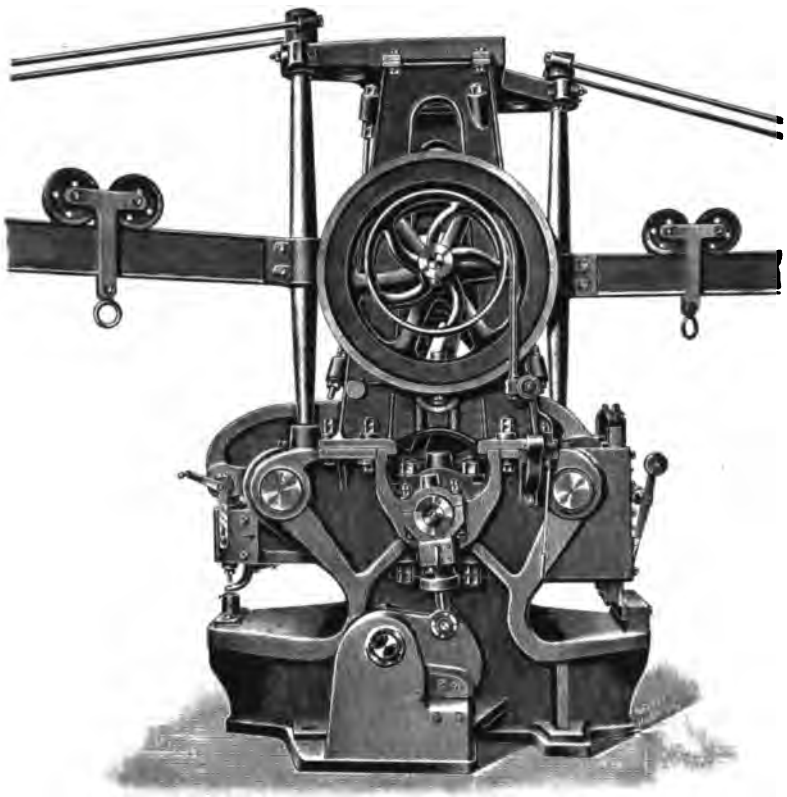


Abb. 51.
Vereinigte Winkelschere und Lochstanze.

Abb. 52.
Schnellhobelmaschine mit Zahnstangenbewegung des Tisches und einem Meißel.

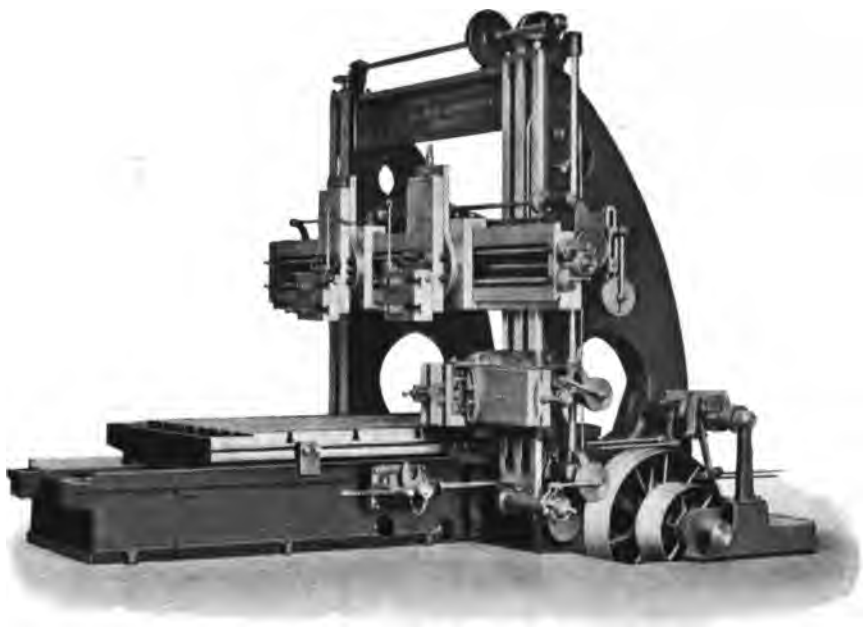


Abb. 53.
Hobelmaschine mit ausbalanciertem Seitensupport und 3 Meißeln.

Abb. 54.
Stoßmaschine.

versehenen Bahnen. Die Kraftübertragung erfolgt entweder vermittelst einer Riemenscheibe durch Zahnräder (Abb. 54)[1]) oder durch eine Kurbelschleife, Kurbel u. dgl. Der runde Aufspanntisch gestattet bei einer Kreis-, Längs- und Querbewegung eine gute Festlegung und Einstellung des Werkstückes.

4. Sägen. Die zum Schneiden des Eisens, namentlich Abschneiden der Trägerenden und Ausführung von Einschnitten (Einklinkungen) verwendeten Sägen sind Kreis-

Abb. 55.
Kaltsägemaschine mit verstellbarem Aufspanntisch.

Abb 56.
Hebelkaltsäge.

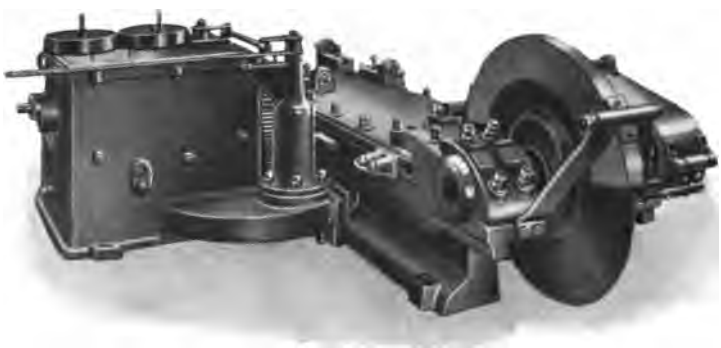


Abb. 57.
Säge mit elektrischem Antriebe.

sägen, bei denen die Sägewelle ihr Lager in einem schwingenden Rahmen erhält, der — meist maschinell — dem Arbeitsstück zugeschoben wird. Vielfach ist hiebei der Rahmen der Kreissäge gelenkartig an einem Gestell angeschlossen, durch dessen Vermittelung auch die i. d. R. durch Zahn- und Schneckenräder von einer Riemenscheibe aus bewirkte Drehung der Säge bewirkt wird.

[1]) Ausführung von der Sächs. Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann in Chemnitz.

Von den sehr verschiedenartigen Ausführungsformen stellen die Abb. 55[1]), 56[2]) und 57[3]) 3 Typen dar, eine Säge mit verstellbarem Aufspanntisch, eine drehbare Hebelkaltsäge für einstellbare Schnittiefe und eine Säge mit elektrisch betätigtem Vorschub und Rückzug.

5. **Fräsmaschinen.** Die Metallfräsmaschinen arbeiten i. d. R. derart, daß die Fräser eine große Drehgeschwindigkeit erhalten und sich in entgegengesetztem Sinne wie das von ihnen bearbeitete Werkstück drehen. Hier hat also das Werkzeug die Arbeits-, das Arbeitsstück meist die Schaltbewegung; hierbei wird das Arbeitsstück so zum Fräser verschoben, daß zwischen beiden stets der gewünschte Eingriff stattfindet. Je nachdem die Achse des Fräsers, dessen Antrieb i. d. R. durch Riemenscheiben erfolgt, wagerecht ist oder senkrecht steht, der Fräser also selbst in horizontaler oder vertikaler Ebene arbeitet, unterscheidet man Lang- oder Horizontalfräsmaschinen — Abb. 58 und Vertikalfräsmaschinen — Abb. 59[4]). In Abb. 58 ist der ausbalancierte Frässpindelschlitten in langen Führungen des feststehenden Ständers in der Höhe verschiebbar, während in Abb. 59 der Aufspanntisch vertikal und horizontal verstellbar ist und zudem eine selbsttätige Querbewegung aufweist.

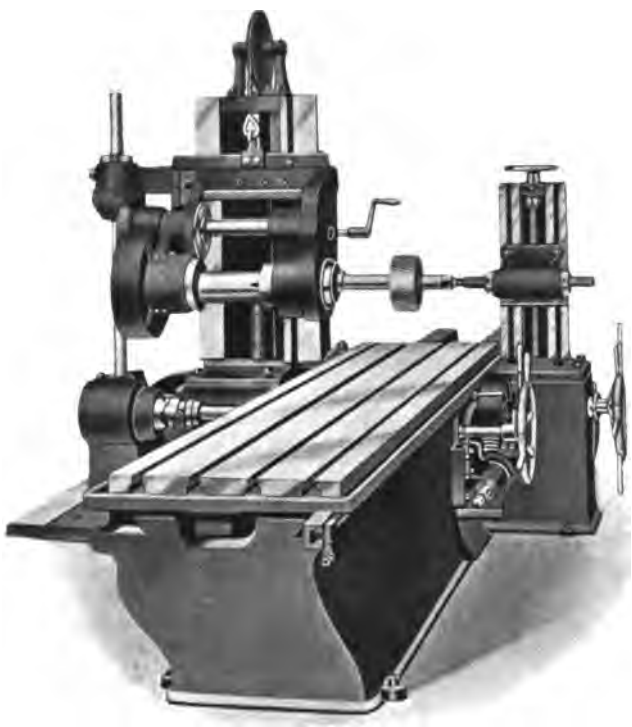


Abb. 58.
Horizontalfräsmaschine.

Je nachdem runde oder ebene Flächen gefräst werden, spricht man von Rund- oder Planfräsen.

6. **Bohrmaschinen.**

Als Bohrer finden vorteilhaft, wenn es sich um das Bohren von Löcher handelt, Spiralbohrer, daneben Spitzbohrer und Zentrumsbohrer Anwendung, während bei einer Erweiterung von Bohrlöchern der Parallelbohrer das gegebene Werkzeug ist. In der Regel ist der Bohrer an vertikaler Bohrspindel angebracht, seltener und eigentlich nur dort, wo Langbohr- und Fräsmaschinen miteinander vereinigt sind, wagerecht gelagert. Auch hier fällt wie bei den Fräsmaschinen die Arbeitsbewegung dem Werkzeug zu, d. i. dem Bohrer, der sich dreht und zudem in seiner Achse verschiebt, während die Schaltbewegung, falls eine solche überhaupt notwendig ist, fast stets — ausgenommen bei Radialbohr-

[1]) Ausführung von Gustav Wagner, Maschinenfabrik in Reutlingen.

[2]) Ausführung der Kalker Maschinenfabrik vorm. Breuer, Schumacher & Co., A. G. zu Kalk-Köln.

[3]) Ausführung von Thyssen & Co. zu Mülheim a. Ruhr.

[4]) Beide Maschinen sind Ausführungen der Sächs. Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann in Chemnitz. Bei der Maschine Abb. 59 ist man infolge des am Maschinenfuße angeschlossenen Rundtisches in der Lage, auch Kurbeln und ähnliche Arbeitsstücke zu fräsen.

Abb. 59.
Vertikalfräsmaschine.

Abb. 60.
Freistehende Vertikalbohrmaschine.

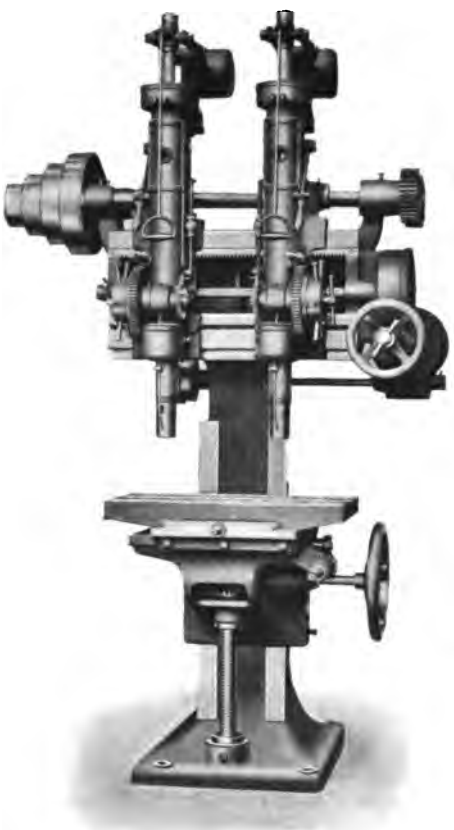


Abb. 61.
Freistehende Doppel-Vertikalbohrmaschine.

Abb. 62.
Freistehende doppelte Vertikalbohrmaschine.

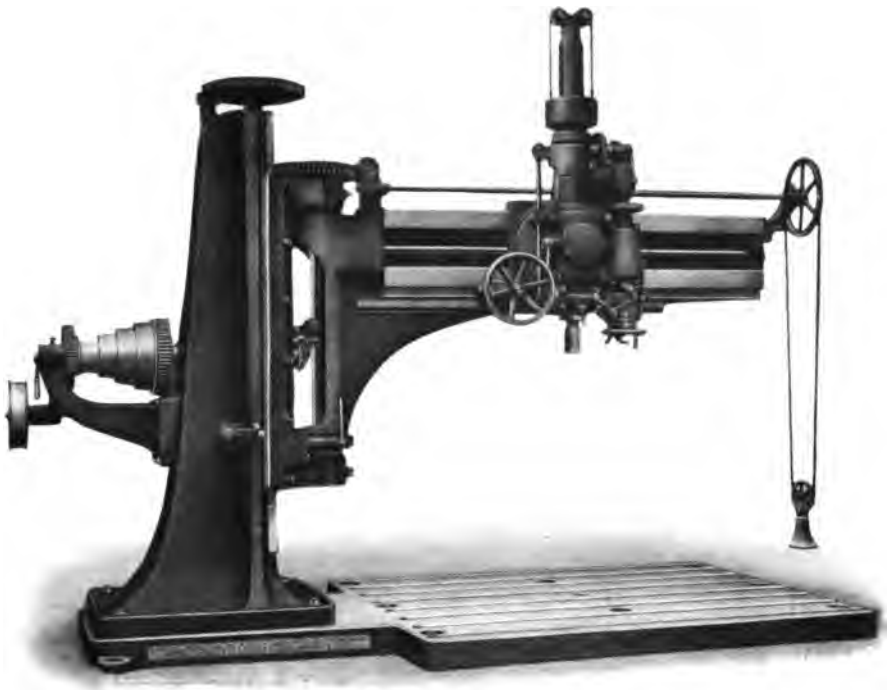


Abb. 63.
Radial-Bohrmaschine mit einseitigem Arm.

Abb. 64.
Transportable Radial-Bohrmaschine mit doppeltem Arm.

maschinen — vom Arbeitsstücke ausgeführt wird. Der Antrieb erfolgt vielfach durch Zahnräder, oder auch einen Satz von Riemenscheiben, der alsdann gestattet, die Bohrgeschwindigkeit bequem zu regulieren.

Je nach der Gesamtanordnung des Gestelles werden unterschieden: feststehende Bohrmaschinen, bei denen die Bohrgestänge nicht aus ihrer Lage gebracht werden können, mit 1 oder 2 Bohrern, ferner Radialbohrmaschinen, bei denen der Bohrer sich in einem

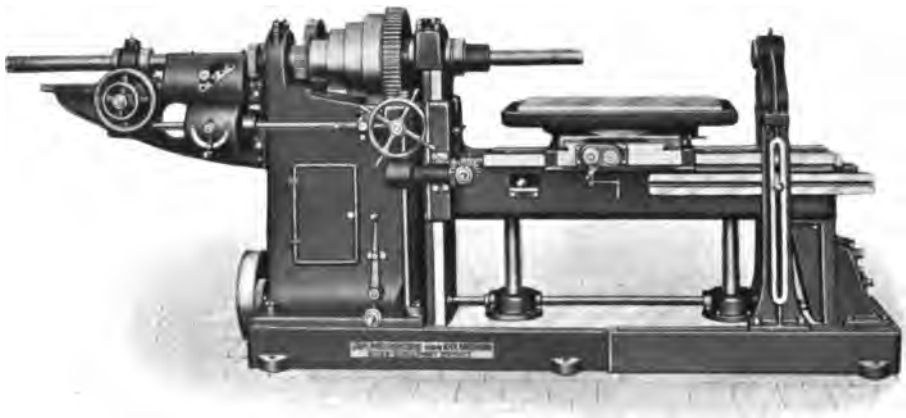


Abb. 65.
Horizontal-Bohr- und Fräsmaschine.

meist wagerechten Arme befindet, der um das Gestell um 180° oder 360° drehbar ist und somit, ohne das Werkstück zu verschieben, seitlich von seiner letzten Bohrstelle zu arbeiten vermag.

Die hierdurch bedingten verschiedenartigen Ausbildungen der Bohrmaschinen seien durch die beigefügten Abbildungen erklärt. Es stellen dar: Abb. 60[1]) eine feststehende

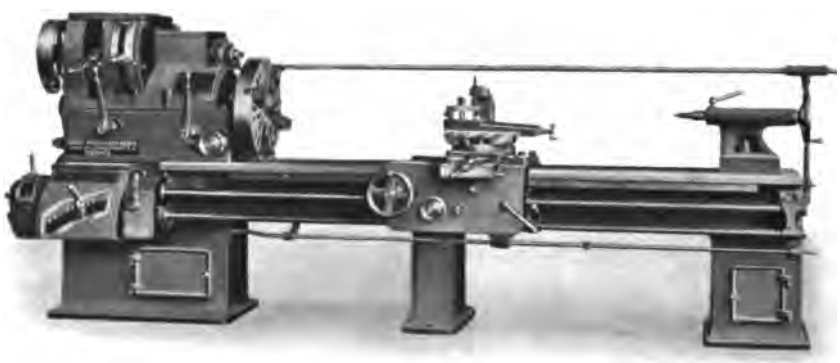


Abb. 66.
Längsdrehbank.

Vertikal-Bohrmaschine mit 1 Bohrer, Abb. 61[1]) und 62[2]) zweispindelige Bohrmaschinen, letztere mit getrenntem Antriebe der beiden Spindeln, 63[1]) und 64[2]) zwei Radialbohr-

[1]) Ausführung von der Sächs. Maschinenfabrik vorm Richard Hartmann in Chemnitz.
[2]) Bauart der Maschinenfabrik Lorenz zu Ettlingen in Baden.

maschinen mit einseitigem und doppeltem Arm, endlich Abb. 65[1]) eine Horizontal-Bohr- und Fräsmaschine.

7. **Drehbänke.** Hier dreht sich stets das Werkstück, fest eingespannt auf einer drehbaren Scheibe, während dem Werkzeuge die Schaltbewegung zufällt. Wenn das rund abzudrehende Werkstück eine erhebliche Längenausdehnung besitzt, findet seine Bearbeitung auf der Spitzen- oder Längsdrehbank, Abb. 66[1]), statt, bei der das Werkstück zwischen einer Planscheibe und einer „Spitze" drehbar festgelegt ist, während sich die Drehstähle (1 oder 2) in besonderen Bettschlitten seitlich am Längsgestelle verschieben und zudem auch senkrecht zu dieser Richtung einstellbar sind. Vielfach sind die Antriebe der Drehbänke — Teleskoprädergetriebe oder dgl. — derart, daß die Drehbank mit sehr verschiedener Geschwindigkeit betrieben werden kann. Weitere Arten von Drehbänken sind die Kopf- oder Plandrehbank — Abb. 67[1]) — bei welcher das Arbeitsstück auf einer, an wagerechter Achse sich drehenden senkrechten Scheibe eingespannt ist und in senkrechter Ebene abgedreht wird, ferner die vertikale Plan-Drehbank, auch Karussell-Drehbank genannt, bei der das Werkstück auf einer wagerechten Drehplatte angeschlossen wird — Abb. 68; hier arbeiten zu gleicher Zeit 2 Drehstähle an Supporten, die in senkrechtem und wagerechtem Sinne vermittelst eines Rahmens und besonderer Führungen verstellbar sind.

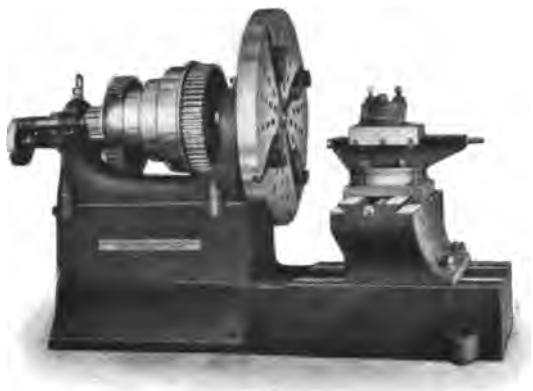


Abb. 67.
Kleine Kopf-Drehbank.

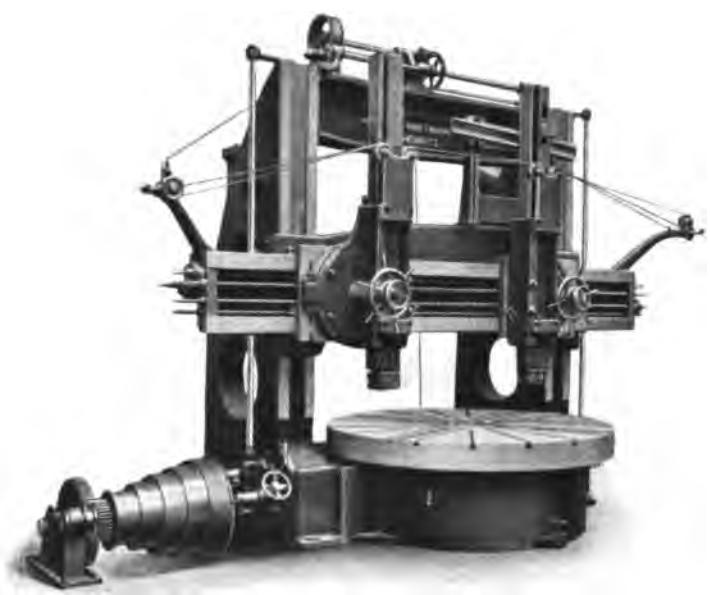


Abb. 68.
Karussell-Drehbank.

8. **Richt- und Biegemaschinen.** Die Blechrichtmaschinen bestehen aus einer Anzahl, meist in 2 Reihen übereinander liegender Richtwalzen, vielfach 7, von denen die 4 unteren in den Maschinenständern festgelagert sind, während die 3 oberen mit Handrad, Schneckenübersetzungen, Schrauben-

[1]) Die Abb. 65, 66, 67 und 68 stellen Ausführungen der Sächs. Maschinenfabrik vorm. Richard Hartmann in Chemnitz dar.

Abb. 69.
Grob-Blechrichtmaschine.

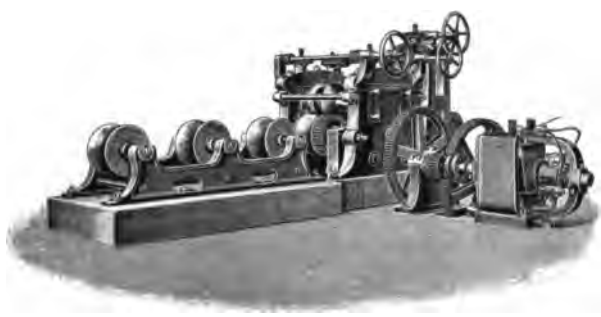


Abb. 70.
Richtemaschine für Stabeisen (< T usw.).

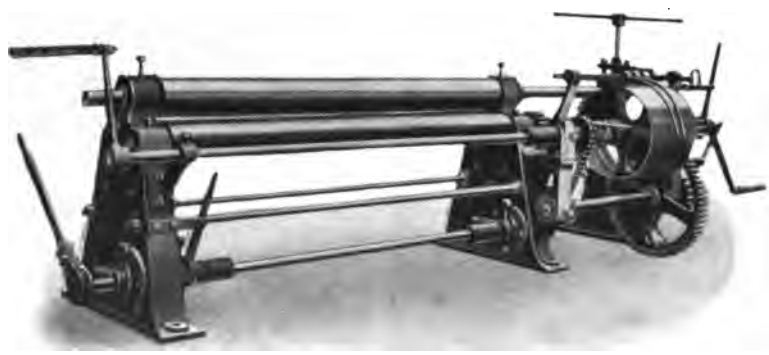


Abb. 71.
Blechbiegemaschine für Riemen- und Handbetrieb.

spindeln usw. senkrecht verstellt werden können. Nicht selten sind auch die einzelnen Walzensysteme durch „Druckrollen“ gegen Durchbiegung gesichert. Bei dünnen Blechen sind meist alle Walzen zwangläufig angetrieben, bei stärkeren nur die unteren. Eine

Grob-Blechrichtmaschine zeigt Abb. 69[1]); sie richtet Bleche jeder Art und in beliebiger Breite sowie Stärke von 8 mm an aufwärts. Der Antrieb ist umsteuerbar für Vor- und Rückwärtsgang der Walzen.

Eine Richtmaschine für Profileisen und Träger zeigt Abb. 70[2]), angetrieben durch Riemen oder unmittelbar durch Elektrizität.

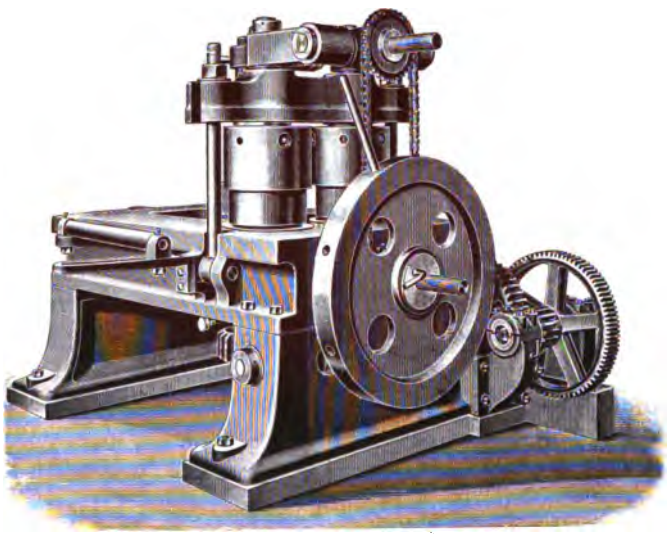


Abb. 72.
Biegemaschine für Winkeleisen.

Die Walzen sind doppelspurig und so geformt, daß die verschiedenen Profilgrößen, auch ungleichschenklige Winkel, genau gerichtet werden können; auch hier werden nur die unteren Walzen durch Stirnrädertibersetzung in Bewegung gesetzt; über den Unterwalzen sind verstellbare Oberwalzen angeordnet. Vor und hinter diesen Oberwalzen ist je ein Ständer eingebaut mit je einer Ober- und einer Unterwalze. Diese letzteren Walzen geben dem durchgehenden Profileisen die genaue Richtung. Die Maschine kann in beiden Richtungen, sowohl bei Vor- als auch bei Rücklauf benutzt werden, so daß das Eisen von beiden Seiten sowohl eingeführt als auch herausgenommen werden kann.

Bei **Blechbiegemaschinen** sind i. d. R. 3 Walzen, 2 unten, 1 oben vorhanden, die in gut gegeneinander versteiften Gußständern ruhen. Die Oberwalze ist zum Verstellen eingerichtet. Diese Verstellung kann auf beiden Seiten zugleich oder nur auf einer Seite erfolgen, in letzterem Falle, um Bleche konisch zu biegen.

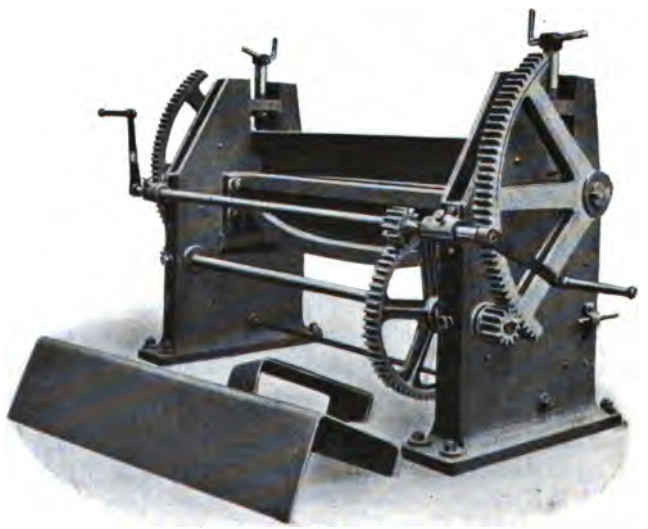


Abb. 73.
Blechkantenbiegemaschine für Handbetrieb.

Durch die Pressung der Oberwalze auf das unter ihr befindliche Blech wird letzteres von ihr mitgenommen und gebogen. Um ein schnelles Herausnehmen fertig gebogener Bleche (Rohrform) zu ermöglichen, haben größere Maschinen eine Kippvorrichtung, welche aus einer Verlängerung der Oberwalze bis zum Vorgelegebock und einer Druckspindel über diesem besteht, und die Oberwalze zu kippen und alsdann das gebogene Blech bequem herauszunehmen gestattet. An Stelle der Spindel tritt bei ganz

[1]) Eine Ausführung der Bonner Maschinenfabrik Mönkemöller G. m. b. H. Bonn a. Rh.
[2]) Ausführung der Maschinenfabrik vorm. A. Wilke & Co. in Braunschweig.

großen Ausführungen auch eine hydraulische Hebung. Eine Blechbiegemaschine stellt Abb. 71 dar[1]), während Abb. 72[2]) eine solche für Profile (Winkeleisen) zeigt. Es empfiehlt sich die Enden der zu biegenden Stäbe in dem entsprechenden Halbmesser von Hand aus vorzubiegen. Blechkanten-Biegemaschinen, vgl. Abb. 72[3]), werden für gewöhnlich für Handkurbelbetrieb, aber auch für Riemen- und Zahnradbetrieb gebaut. Das Biegen einer Blechecke erfolgt nach Einführung des Bleches in die Maschine in einfachster Art durch einige Kurbelumdrehungen und zwar auf kaltem Wege. Hiebei wird das freie Stück des eingespannten Bleches auf seiner ganzen Länge durch den vom Antrieb bewegten Biegebalken herumgelegt bzw. gebogen.

9. **Pneumatische Werkzeuge**[3]). Die heute eine große Rolle bei der Eisenbearbeitung, namentlich im kleinen, spielenden Luftdruckwerkzeuge sind, abgesehen von den hier nicht hergehörenden[4]) sehr handlichen Nietmaschinen, Meißel oder Stemmhämmer, und Preßluftbohrmaschinen; sie zeichnen sich durch ihre gedrungene Form, durch ihr geringes Gewicht, demgemäß die Möglichkeit sie überall zu verwenden, endlich durch ihren sicheren (kein Einfrieren) und wirtschaftlichen Betrieb, sowie durch die Gefahrlosigkeit dieses bei dem nicht allzuhohen Luftdrucke (etwa 6 Atm.) aus. Zur Erzeugung der Druckluft dienen vielfach Kompressoren, namentlich Einzylinderstufenkompressoren mit sehr verschiedenem Kraftantriebe.

Kapitel XXVII.

Das Eisen in der baulichen Praxis.

§ 85. Die bautechnisch wichtigen Erzeugnisse aus Eisen.

a) Walzprofile und Walzbleche.

Hier sind in erster Linie die deutschen Normal-Profile zu nennen, welche in dem zuerst im Jahre 1881 seitens der Professoren Heinzerling und Intze herausgegebenen Werke: Deutsche Normalprofile für Walzeisen[5]) zusammengestellt sind. Zurzeit ist die siebte Auflage dieser verdienstvollen Arbeit in Vorbereitung, die namentlich in bezug auf die I-Eisen nicht unerhebliche Ergänzungen bringen dürfte, namentlich nach der Seite der breitflanschigen Profile (vgl. **B**-Träger auf S. 474 und 508).

Die Bezeichnung der Normalprofile erfolgt durch Nummern, die das Hauptmaß, die Höhe oder auch die Höhe und die Breite in cm-Angabe enthalten.

Die nachfolgende Zusammenstellung enthält die wichtigsten Angaben über die deutschen Normalprofile für den Hoch- und Ingenieurbau; neben den Hauptabmessungen, Querschnittsgrößen und Gewichten sind auch die Widerstands- und Trägheitsmomente in den Tabellen enthalten.

---

[1]) Ausführung der A. G. vorm. Beck & Henkel in Kassel.

[2]) Ausführung der Maschinenfabrik vorm. A. Wilke & Co. in Braunschweig.

[3]) Vergl. u. a. Taschenbuch für Preßluftbetrieb 1911 im Verlage von Pokorny & Wittekind, Maschinenfabrik A. G. zu Frankfurt a. M., sowie die Drucksachen der Deutschen Niles-Werkzeugfabrik zu Oberschönweide bei Berlin und der Internat. Preßluft u. Elektr.-Gesellschaft Berlin.

[4]) Auf Nietmaschinen kann die vorliegende Bearbeitung nicht eingehen, weil sie zu den Baumaschinen der Eisenkonstruktionen zu zählen sind und in dies Spezialgebiet hineingehören.

[5]) Das Werk wurde verfaßt im Auftrage des Verbandes Deutscher Architekten und Ingenieur-Vereine, des Vereins Deutscher Ingenieure und seines damaligen Zweigvereins der Hütteningenieure, aus dem bald darauf der selbständige Verein der Deutschen Eisenhüttenleute hervorging; 1902 trat noch der Verein der Deutschen Schiffswerften als vierter hinzu, nachdem schon von der dritten Auflage des Werkes (1886), in größerem Umfange aber erst von der fünften Auflage an (1897) die Schiffsbauprofile Aufnahme gefunden hatten.

1. Winkeleisen.

Ihre Herstellung erfolgt — wenigstens von seiten der größeren Hüttenwerke — durch unmittelbares Auswalzen, von Rechteckquerschnitten beginnend, bis zum Fertigprofil. Ein solches, **gleichschenklig oder ungleichschenklig** und alsdann mit einem Verhältnisse der Schenkellängen von $1^1/_2 : 1$ **bzw.** $2 : 1$, zeigt parallele Schenkelflächen, eine Ausrundung in der inneren Winkelecke mit einem Halbmesser „R" gleich der mittleren Winkelstärke[1]) und Abgleichung der Schenkelenden nach innen mit einem $r = \frac{R}{2}$ — vgl. die nachstehenden schematischen Profilabbildungen.

a) Normalprofile für gleichschenkelige Winkeleisen.

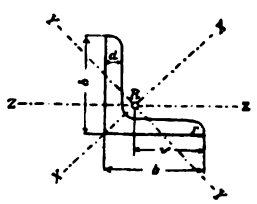


Abb. 74.

Die Hauptachsen sind: X—X und Y—Y.

$$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}; \quad r = \frac{R}{2}.$$

Die Momente sind bezogen auf cm.

Normallänge 4–8 m; größte Länge 12 m.

Profil Nr.	Abmessungen der Profile in mm b	d	Querschnitt F in qcm	Gewicht G $\frac{kg}{m}$	Abstand des Schwerpunktes v in cm	Momente für die Achse XX: Trägh.-moment J_x (cm⁴)	Widerst.-moment W_x (cm³)	Momente für die Achse YY: Trägh.-moment J_y (cm⁴)	Widerst.-moment W_y (cm³)	Momente für die Achse ZZ: Trägh.-moment J_z (cm⁴)	Widerst.-moment W_z (cm³)	Zwei zusammengesetzte Winkeleisen. Kleinste Momente für die Achse XX: Trägh.-moment J_2 (cm⁴)	Widerst.-moment W_2 (cm³)	Vier zusammengesetzte Winkeleisen. Kleinste Momente für die Achse XX oder YY: Trägh.-moment J_4 (cm⁴)	Widerst.-moment W_4 (cm³)
$1^1/_2$	15	3	0,82	0,65	1,02	0,24	0,23	0,06	0,08	0,15	0,14	0,30	0,29	1,33	0,99
		4	1,05	0,83	0,99	0,29	0,28	0,08	0,10	0,18	0,18	0,37	0,37	1,84	1,23
2	20	3	1,12	0,88	1,40	0,62	0,44	0,15	0,17	0,38	0,27	0,77	0,55	3,14	1,57
		4	1,45	1,14	1,36	0,77	0,55	0,19	0,21	0,48	0,35	0,96	0,71	4,29	2,15
$2^1/_2$	25	3	1,42	1,12	1,77	1,27	0,72	0,31	0,30	0,79	0,44	1,58	0,89	6,14	2,45
		4	1,85	1,45	1,74	1,61	0,91	0,40	0,37	1,00	0,57	2,01	1,15	8,32	3,33
3	30	4	2,27	1,78	2,11	2,85	1,35	0,76	0,61	1,80	0,85	3,61	1,71	14,2	4,74
		6	3,27	2,57	2,04	3,91	1,84	1,06	0,78	2,48	1,22	4,96	2,43	21,9	7,31
$3^1/_2$	35	4	2,67	2,09	2,50	4,68	1,90	1,24	0,88	2,96	1,18	5,92	2,37	22,5	6,44
		6	3,87	3,04	2,42	6,50	2,63	1,77	1,15	4,13	1,71	8,26	3,41	34,6	9,88
4	40	4	3,08	2,42	2,88	7,09	2,50	1,86	1,17	4,47	1,55	8,94	3,11	33,3	8,33
		6	4,48	3,51	2,80	9,98	3,52	2,67	1,57	6,35	2,27	12,7	4,52	51,1	12,8
		8	5,80	4,55	2,72	12,4	4,38	3,38	1,81	7,90	2,90	15,8	5,80	69,5	17,4

[1]) Eine solche Ausrundung, die sich sinngemäß auch bei anderen Profilen findet, ist notwendig zur guten Spannungsübermittlung von einem Schenkel auf den anderen, naturgemäß darf aber die vorgenommene Verstärkung nicht zu groß sein, damit nicht die Ausführung einer Nietung beeinträchtigt wird.

[2]) Berücksichtigt sind bei allen Tabellen die Gewichte der flußeisernen Profile.

Profil Nr.	Abmessungen der Profile in mm		Querschnitt F in qcm	Gewicht G $\frac{kg}{m}$	Abstand des Schwerpunktes v in cm	Momente für die Achse XX		Momente für die Achse YY		Momente für die Achse ZZ		Zwei zusammengesetzte Winkeleisen. Kleinste Momente für die Achse XX		Vier zusammengesetzte Winkeleisen Kleinste Momente für die Achse XX oder YY	
	b	d				Trägh.-moment J_x (cm⁴)	Widerst.-moment W_x (cm³)	Trägh.-moment J_y (cm⁴)	Widerst.-moment W_y (cm³)	Trägh.-moment J_z (cm⁴)	Widerst.-moment W_z (cm³)	Trägh.-moment J_2 (cm⁴)	Widerst.-moment W_2 (cm³)	Trägh.-moment J_4 (cm⁴)	Widerst.-moment W_4 (cm³)
		5	4,30	3,38	3,22	12,4	3,91	3,25	1,80	7,85	2,44	15,7	4,87	59,5	13,2
4½	45	7	5,86	4,60	3,14	16,4	5,16	4,39	2,28	10,4	3,31	20,8	6.63	85,0	18,9
		9	7,34	5,76	3.06	19,8	6,24	5,40	2.65	12,6	4,12	25,2	8,25	111,2	24,7
		5	4,80	3,77	3.60	17,4	4,91	4.59	2,32	11,0	3,06	22,0	6,10	81,7	16,3
5	50	7	6,56	5.15	3,51	23,1	6.53	6,02	2,85	14.5	4,13	29,1	8,30	116	23,3
		9	8,24	6,47	3,44	28,1	7,94	7,67	3,47	17,9	5,20	35,8	10,39	152	30.4
		6	6,31	4,95	3,94	27,4	7,04	7,24	3,27	17,3	4,89	34,6	8,79	131	23,8
5½	55	8	8,23	6,46	3,86	34,8	8,96	9,35	4,03	22,1	5,73	44,2	11 5	177	32,2
		10	10,07	7,90	3,78	41,4	10,64	11,27	4,64	26,3	6,96	52,7	13,9	224	40,8
		6	6,91	5,42	4,31	36.1	8,51	9,43	3,95	22,7	5,3	45.5	10,6	170	28,3
6	60	8	9,03	7,09	4,23	46,1	10,9	12,1	4,85	29,1	6,9	58,3	13,8	230	38,3
		10	11,07	8,69	4,15	55,1	13,0	14,6	5,58	34,8	8,4	69,7	16,8	291	48,4
		7	8,70	6,83	4,65	53,0	11,5	13,8	5,25	33,4	7,2	66,8	14,4	252	38,4
6½	65	9	10,98	8,61	4,57	65.4	14,2	17,2	6 31	41.3	9,0	82,6	18,1	329	50,6
		11	13,17	10,34	4,50	76,8	16,7	20,7	7,30	48,7	10,8	97.5	21,7	406	62.5
		7	9,4	7,38	5,03	67,1	13,6	17,6	6.29	42,3	8.4	84,6	16,8	315	45,0
7	70	9	11,9	9,34	4,95	88,1	16,8	22,0	7,57	52,5	10,6	105	21,2	410	58,6
		11	14,3	11,23	4,87	97,6	19,7	26,0	8,65	62,0	12,7	124	25,4	506	72,3
		8	11.5	9,03	5,37	93,3	17,6	24,4	8,11	59,0	11,0	118	21,9	444	59,2
7½	75	10	14.1	11,07	5,29	113	21,3	29,8	9,54	71,0	13,4	142	26,9	561	74,8
		12	16,7	13,11	5,21	130	24,6	34,7	10,71	82,5	15,8	165	31,7	679	90,6
		8	12,3	9,66	5,74	115	20 3	29,6	9,25	72,0	12,5	144	25,1	539	67,3
8	80	10	15,1	11,86	5.66	139	24,5	35,9	10,8	87,5	15,5	175	30,9	680	85,0
		12	17,9	14,05	5,59	161	28,4	43.0	12,6	102	18,2	204	36,4	823	102,9
		9	15,5	12,17	6,46	184	28,9	47,8	13,3	116	17,9	232	35,9	863	95.9
9	90	11	18,7	14,68	6.38	218	34,3	57,1	15,4	138	21,5	275	43,1	1064	118
		13	21,8	17,11	6,30	250	39,3	65,9	17,3	158	25,0	316	50,1	1268	141
		10	19,2	15,07	7,18	280	39,7	73,3	18,4	177	24,6	354	49,3	1317	132
10	100	12	22,7	17,82	7,10	328	46.3	86,2	21,0	207	29,1	414	58,3	1593	159
		14	26,2	20,57	7,02	372	52,6	98,3	23,4	235	33,5	470	67,0	1871	187
		10	21,2	16.64	7,93	379	48,7	98,6	22,7	239	30,1	478	60,2	1753	159
11	110	12	25,1	19,70	7,85	444	57,1	116	26,1	280	35,7	560	71,4	2118	193
		14	29,0	22,75	7,79	505	64,8	133	29,2	319	40,9	638	81,9	2486	226
		11	25,4	19,93	8,64	541	63,8	140	29,4	340	39,4	680	78,8	2505	209
12	120	13	29,7	23,32	8,56	625	73,7	162	33,4	393	46,0	787	92,1	2979	248
		15	33,9	26,61	8,49	705	83,2	186	37,5	445	52,5	891	105	3456	288
		12	30,0	23,55	9,36	750	81,6	194	37,8	472	50,5	944	101	3476	267
13	130	14	34,7	27,24	9.28	857	93,3	223	42,4	540	58.0	1080	116	4079	314
		16	39,3	30,85	9,20	959	104	251	46,7	604	65,5	1209	131	4685	360

Profil Nr.	Abmessungen der Profile in mm b	d	Querschnitt F in qcm	Gewicht G kg/m	Abstand des Schwerpunktes v in cm	Momente für die Achse XX: Trägh.-moment Jx (cm⁴)	Widerst.-moment Wx (cm³)	Momente für die Achse YY: Trägh.-moment Jy (cm⁴)	Widerst.-moment Wy (cm³)	Momente für die Achse ZZ: Trägh.-moment Jz (cm⁴)	Widerst.-moment Wz (cm³)	Zwei zusammengesetzte Winkeleisen. Kleinste Momente für die Achse XX: Trägh.-moment J_2 (cm⁴)	Widerst.-moment W_2 (cm³)	Vier zusammengesetzte Winkeleisen. Kleinste Momente für die Achse XX oder YY: Trägh.-moment J_4 (cm⁴)	Widerst.-moment W_4 (cm³)
		13	35,0	27,48	10,08	1014	102	262	47,3	638	63,5	1276	127	4702	336
14	140	15	40,0	31,40	10,00	1148	116	298	52,6	723	72,5	1446	145	5454	390
		17	45,0	35,33	9,92	1276	129	334	58,0	805	81,0	1610	162	6215	444
		14	40,3	31,64	10,8	1343	127	347	58,3	845	78,5	1690	157	6235	416
15	150	16	45,7	35,87	10,7	1507	142	391	64,4	949	88,5	1898	177	7160	477
		18	51,0	40,04	10,6	1665	157	438	71,1	1052	99,0	2103	198	8091	539
		15	46,1	36,19	11,5	1745	154	453	71,3	1099	95,5	2198	191	8110	507
16	160	17	51,8	40,66	11,4	1945	172	506	78,4	1225	107,0	2451	214	9232	577
		19	57,5	45,14	11,3	2137	189	558	84,8	1348	118,5	2695	237	10362	648

β) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkeleisen mit einem Verhältnisse der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 1\,1/2$.

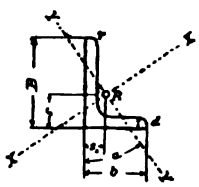


Abb. 75.

$d_{min} = \frac{b + B}{20}$, jedoch mit geringfügigen Abweichungen;

$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$; $r = \frac{R}{2}$

Normallänge 4—8 m; größte Länge 12 m.

Abmessungen der Profile in mm b	B	d	Querschnitt F in qcm	Gewicht G kg/m	Abstand des Schwerpunktes in cm: s	s_1	Lage der Hauptachse YY tg α	Momente für die Achse XX: Trägh.-moment Jx (cm⁴)	Widerst.-moment Wx (cm³)	Momente für die Achse YY: Trägh.-moment Jy (cm⁴)	Widerst.-moment Wy (cm³)	Trägh.-moment Jb für die Schwerachse ‖b (cm⁴)	Trägh.-moment Jh für die Schwerachse ‖B (cm⁴)	Zwei zusammengesetzte Winkeleisen. Kleinste Momente für die Achse YY[1]: Trägh.-moment J_2 (cm⁴)	Widerst.-moment W_2 (cm³)
20	30	3	1,42	1,12	0,99	0,49	0,422	1,42	0,70	0,28	0,26	1,25	0,45	1,58	0,79
		4	1,85	1,45	1,03	0,54	0,421	1,82	0,90	0,33	0,32	1,60	0,55	2,19	1,09
30	45	4	2,87	2,25	1,48	0,74	0,433	6,63	2,17	1,19	0,75	5,77	2,05	7,25	2,42
		5	3,53	2,77	1,52	0,78	0,429	8,01	2,63	1,44	0,91	6,99	2,46	9,21	3,07
40	60	5	4,79	3,76	1,95	0,97	0,432	19,8	4,82	3,66	1,73	17,3	6,20	21,4	5,28
		7	6,55	5,14	2,04	1,05	0,427	26,3	6,47	4,63	2,20	22,8	8,10	30,6	7,64
50	75	7	8,33	6,54	2,47	1,24	0,430	53,1	10,4	9,58	3,66	46,3	16,4	58,4	11,7
		9	10,5	8,24	2,56	1,32	0,427	65,4	12,9	11,9	4,56	57,2	20,1	76,8	15,4
65	100	9	14,2	11,15	3,31	1,59	0,419	160	23,6	26,8	7,73	140	46,6	165	25,4
		11	17,1	13,42	3,40	1,67	0,407	189	28,1	32,9	9,54	167	55,3	206	31,6
80	120	10	19,1	14,99	3,92	1,95	0,435	317	38,7	56,8	13,4	276	97,9	341	42,7
		12	22,7	17,82	4,00	2,02	0,430	370	45,4	67,5	16,0	323	115	415	51,9
00	150	12	28,7	22,53	4,89	2,42	0,433	747	73,0	134	25,4	649	232	800	80,9
		14	33,2	26,06	4,97	2,50	0,434	854	83,8	153	29,0	744	263	942	94,2

[1]) Achse YY ist ‖ dem kürzeren Winkelschenkel.

γ) Normalprofile für ungleichschenkelige Winkeleisen mit einem Verhältnisse der Schenkellängen $\frac{B}{b} = 2$.

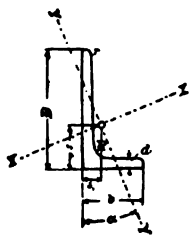


Abb. 76.

$d_{min} = \frac{b + B}{20}$; jedoch mit geringfügigen Abweichungen;

$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}$; $r = \frac{R}{2}$

Normallänge 4—8 m; größte Länge 12 m.

Profil Nr.	Abmessungen der Profile in mm			Querschnitt F in qcm	Gewicht G $\frac{kg}{m}$	Abstand des Schwerpunktes in cm		Lage der Hauptachse Y-Y tg α	Momente für die Achse XX		Momente für die Achse YY		Trägh.-moment Jb für die Schwerachse ‖b (cm⁴)	Trägh.-moment Jh für die Schwerachse ‖B (cm⁴)	Zwei zusammengesetzte Winkeleisen. Kleinste Momente für die Achse YY [1].	
	b	B	d			s	s_1		Trägh.-moment J_X (cm⁴)	Widerst.-moment W_X (cm³)	Trägh.-moment J_Y (cm⁴)	Widerst.-moment W_Y (cm³)			Trägh.-moment J_z (cm⁴)	Widerst.-moment W_z (cm³)
2	20	40	3	1,72	1,35	1,43	0,44	0,258	2,96	1,14	0,31	0,26	2,81	0,46	1,61	0,80
4			4	2,25	1,77	1,47	0,48	0,253	3,78	1,47	0,40	0,34	3,58	0,60	2,23	1,12
3	30	60	5	4,29	3,37	2,15	0,68	0,254	16,5	4,22	1,71	0,96	15,6	2,61	9,18	3,06
6			7	5,85	4,59	2,24	0,76	0,248	21,8	5,69	2,28	1,31	20,6	3,42	13,6	4,52
4	40	80	6	6,89	5,40	2,85	0,88	0,257	47,6	9,14	4,99	2,10	44,9	7,66	26,0	6,49
8			8	9,01	7,08	2,94	0,96	0,252	60,8	11,8	6,41	2,73	57,5	9,70	36,0	8,99
5	50	100	8	11,5	9,03	3,59	1,12	0,266	123	18,9	12,8	4,31	116	19,6	68,0	13,6
10			10	14,1	11,07	3,67	1,20	0,266	150	23,3	14,6	4,93	141	23,5	87,7	17,5
6½	65	130	10	18,6	14,60	4,65	1,45	0,257	339	40,2	35,4	9,16	320	54,4	187	28,7
13			12	22,1	17,35	4,75	1,53	0,255	395	47,2	41,3	10,8	374	62,8	229	35,2
8	80	160	12	27,5	21,59	5,72	1,77	0,269	762	73,4	79,4	16,7	719	122	417	52,1
16			14	31,8	24,96	5,81	1,85	0,268	875	84,8	86,0	18,5	822	139	495	62,4
10	100	200	14	40,3	31,64	7,12	2,18	0,261	1754	135	182	30,6	1654	282	947	94,7
20			16	45,7	35,87	7,20	2,26	0,259	1978	152	205	34,5	1863	315	1097	110

2. I-Normal-Profile.

Hier werden unterschieden breitfüßige Eisen, bei denen die Steghöhe gleich der halben Fußbreite ist, und hochstegige, bei denen Steg- und Fußbreite gleich sind. Die Bemessung der Querschnittselemente ist aus den nachfolgenden Zusammenstellungen zu ersehen.

[1]) Achse Y Y ist ‖ zum kürzeren Winkelschenkel.

a) Normalprofile für breitfüßige ⊥-Eisen.

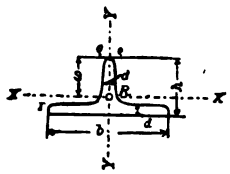


Abb. 77.

$$h = \frac{b}{2};\ d = 0{,}15\,h + 1\text{ mm};\ R = d;\ r = \frac{R}{2};\ \varrho = \frac{R}{4}$$

(auf halbe mm abgerundet).

Neigung im Fuß 2%, an jeder Seite des Steges 4%.

Normale Länge 4—8 m; größte Länge 12 m.

Profil Nr.	Abmessungen der Profile in mm			Querschnitt F in qcm	Gewicht G in $\frac{kg}{m}$	Schwerpunktsabstand w in cm	Momente für die Achse XX		Momente für die Achse YY		Y / X=X / Y Zwei zusammengesetzte T-Eisen. Kleinste Momente für die Achse XX	
	b	h	d				Trägheitsmoment Jx (cm⁴)	Widerst.-moment $Wx = \frac{Jx}{w}$ (cm³)	Trägheitsmoment Jy (cm⁴)	Widerst.-moment Wy (cm³)	Trägheitsmoment J_2 (cm⁴)	Widerst.-moment W_2 (cm³)
$\frac{6}{3}$	60	30	5,5	4,64	3,64	2,33	2,58	1,11	8,62	2,87	9,39	3,13
$\frac{7}{3^1/_2}$	70	35	6	5,94	4,66	2,73	4,49	1,65	15,1	4,32	16,0	4,57
$\frac{8}{4}$	80	40	7	7,91	6,21	3,12	7,81	2,50	28,5	7,13	27,9	6,99
$\frac{9}{4^1/_2}$	90	45	8	10,2	7,98	3,50	12,7	3,64	46,1	10,2	45,9	10,2
$\frac{10}{5}$	100	50	8,5	12,0	9,42	3,91	18,7	4,78	67,7	13,5	66,1	13,2
$\frac{12}{6}$	120	60	10	17,0	13,35	4,70	38,0	8,09	137	22,8	133	22,2
$\frac{14}{7}$	140	70	11,5	22,8	17,90	5,49	68,9	12,6	258	36,9	242	34,6
$\frac{16}{8}$	160	80	13	29,5	23,16	6,28	117	18,6	422	52,8	408	51,0
$\frac{18}{9}$	180	90	14,5	37,0	29,05	7,07	185	26,1	670	74,4	646	71,8
$\frac{20}{10}$	200	100	16	45,4	35,64	7,86	277	35,3	1000	100	972	97,2

β) Normalprofile für hochstegige ⊥-Eisen.

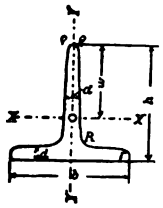


Abb. 78.

$h = b$; $d = 0{,}1\,h + 1$ mm; $R = d$; $r = \frac{R}{2}$; $\varrho = \frac{R}{4}$

(auf halbe mm abgerundet).

Neigung im Fuß 2%, auf jeder Seite des Steges 2%.

Normale Länge 4—8 m; größte Länge 12 m.

Profil Nr.	Abmessungen der Profile in mm			Querschnitt F in qcm	Gewicht G in $\frac{kg}{m}$	Schwerpunktsabstand w in cm	Momente für die Achse XX		Momente für die Achse YY		Zwei zusammengesetzte T-Eisen. Kleinste Momente für die Achse YY	
	b	h	d				Trägheitsmoment Jx (cm⁴)	Widerst.-moment $Wx = \frac{Jx}{w}$ (cm³)	Trägheitsmoment Jy (cm⁴)	Widerst.-moment $Wy = \frac{Jy}{b/2}$ (cm³)	Trägheitsmoment J_2 (cm⁴)	Widerst.-moment W_2 (cm³)
2/2	20	20	3	1,12	0,88	1,42	0,38	0,27	0,20	0,20	0,39	0,39
2½/2½	25	25	3,5	1,64	1,29	1,77	0,87	0,49	0,43	0,34	0,85	0,68
3/3	30	30	4	2,26	1,77	2,15	1,72	0,80	0,87	0,58	1,73	1,16
3½/3½	35	35	4,5	2,97	2,33	2,51	3,10	1,23	1,57	0,90	3,14	1,80
4/4	40	40	5	3,77	2,96	2,88	5,28	1,84	2,58	1,29	5,16	2,58
4½/4½	45	45	5,5	4,67	3,66	3,24	8,13	2,51	4,01	1,78	8,03	3,57
5/5	50	50	6	5,66	4,45	3,61	12,1	3,36	6,06	2,42	12,1	4,85
6/6	60	60	7	7,94	6,23	4,34	23,8	5,48	12,2	4,05	24,3	8,11
7/7	70	70	8	10,6	8,32	5,06	44,5	8,79	22,1	6,32	44,3	12,6
8/8	80	80	9	13,6	10,68	5,78	73,7	12,8	37,0	9,25	74,0	18,5
9/9	90	90	10	17,1	13,42	6,52	119	18,2	58,5	13,0	117	26,0
10/10	100	100	11	20,9	16,41	7,26	179	24,6	88,3	17,7	177	35,3
12/12	120	120	13	29,6	23,24	8,72	366	42,0	178	29,7	356	59,4
14/14	140	140	15	39,9	31,32	10,2	660	64,7	330	47,2	660	94,3

3. Normalprofile für Belageisen.

Die Querschnitte sind so gebildet, daß ihr Schwerpunkt fast genau in der halben Profilhöhe liegt; es werden mithin bei senkrecht zur Auflagerfläche wirkender Belastung die Randspannungen oben und unten annähernd einander gleich.

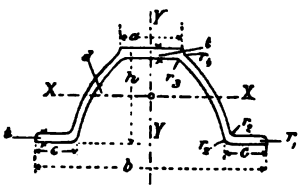


Abb. 79.

Normalprofile für Belageisen.

$a = 0{,}5\,h + 8$ mm; $b = 2\,h + 20$ mm; $c = 0{,}3\,h + 6$ mm;

$d = \frac{1}{30}\,h + 1{,}4$ mm; $t = \frac{1}{15}\,h + 1{,}9$ mm; $r_1 = d$;

$r_2 = d - 0{,}5$ mm; $r_3 = t$; $r_4 = 0{,}6\,d + 1{,}3$ mm.

Normallänge 4—8 m; größte Länge 12—16 m.

Profil Nr.	Höhe h	Breite			Dicke		Querschnitt F	Gewicht g pro m	Trägheitsmoment		Widerstandsmoment Wx
		untere b	obere a	Fuß c	Steg d	Fuß und Kopf t			Jy	Jx	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	qcm	kg	(cm⁴)	(cm⁴)	(cm³)
5	50	120	33	21	3	5	6,71	5,27	86,4	23,2	9,27
6	60	140	38	24	3,5	6	9,34	7,33	164	47,2	15,8
7½	75	170	45,5	28,5	4	7	13,2	10,36	347	105	27,9
9	90	200	53	33	4,5	8	17,9	14,05	651	206	45,8
11	110	240	63	39	5	9	24,1	18,92	1272	421	76,5

4. Normalprofile für Z-Eisen.

Aufgestellt sind elf verschiedene Profile, welche sich den L- und ⊥-Eisen gegenüber durch eine verhältnismäßig große Tragfähigkeit auszeichnen und deshalb zu Dachpfetten, Teilen von Säulenquerschnitten u. dgl. besonders geeignet sind. Die namentlich bei den kleineren Profilen immerhin verhältnismäßig großen Flanschbreiten gestatten auch hier noch bequem zu nieten. Wegen der Grundabmessungen sei auf die folgende Zusammenstellung verwiesen.

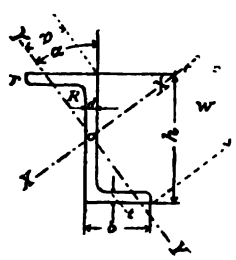


Abb. 80.

Normalprofile für Z-Eisen.

$b = 0{,}25\,.\,h + 30$ mm

$d = 0{,}035\,.\,h + 3$ mm, jedoch auf halbe mm abgerundet.

$t = 0{,}05\,.\,h + 3$ mm

$R = t$, $r = \frac{t}{2}$

Normallänge 4—8 m; größte Länge 12—16 m.

Profil Nr.	Abmessungen der Profile in mm				Querschnitt F in qcm	Gewicht G $\frac{kg}{m}$	Lage der Hauptachsen			Momente für die Achse XX		Momente für die Achse YY		Widerst.-momente W_b für die wagerechte Schwerachse ‖ b (cm³)
	h	b	d	t			Y–Y tg α	Y–Y v cm	X–X w cm	Trägheitsmoment Jx (cm⁴)	Widerst.-moment $Wx = \frac{Jx}{w}$ (cm³)	Trägheitsmoment Jy (cm⁴)	Widerst.-moment $Wy = \frac{Jy}{v}$ (cm³)	
3	30	38	4	4,5	4,82	3,39	1,66	1,39	3,86	18,1	4,69	1,54	1,11	3,96
4	40	40	4,5	5	5,43	4,26	1,18	1,67	4,17	28,0	6,72	3,05	1,83	6,7
5	50	43	5	5,5	6,77	5,31	0,94	1,89	4,60	44,9	9,76	5,23	2,76	10,3
6	60	45	5	6	7,91	6,21	0,78	2,04	4,98	67,2	13,5	7,60	3,73	14,7
8	80	50	6	7	11,1	8,73	0,59	2,29	5,83	142	24,4	14,7	6,44	27
10	100	55	6,5	8	14,5	11,37	0,49	2,50	6,77	270	39,8	24,6	9,26	44
12	120	60	7	9	18,2	14,29	0,43	2,70	7,75	470	60,6	37,7	12,5	67
14	140	65	8	10	22,9	17,98	0,39	2,89	8,72	768	88,0	56,4	16,6	96
16	160	70	8,5	11	27,5	21,59	0,36	3,09	9,74	1184	121	79,5	21,4	132
18	180	75	9,5	12	33,3	26,14	0,33	3,27	10,7	1759	164	110	27,0	177
20	200	80	10	13	38,7	30,38	0,31	3,47	11,8	2509	213	147	33,4	229

5. Normalprofile der [-Eisen.

Die hierher gehörenden Eisen sind nach Flanschbreite, Stegdicke und Flanschdicke so gebildet, daß ihre Abmessungen im Verhältnisse zur Höhe mit Rücksicht auf möglichst große Tragfähigkeit, ohne die Herstellung zu verteuern, als Grenzwerte angesehen werden können.

Aus allgemeinen Gründen des Walzverfahrens ist eine Neigung der Flanschinnenseite von 8 % erforderlich, da die Walzung mit lotrecht stehenden Flanschen erfolgt und somit die Endkaliber unsymmetrisch sind.

Normalprofile für [-Eisen.

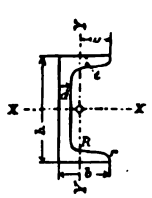


Abb. 81.

$b = 0{,}25\,h + 25$ mm

Neigung der inneren Flanschflächen 8 %.

$R = t;\ r = \frac{t}{2}$

Normallänge 4—8 m; größte Länge 12 m.

Profil Nr.	Abmessungen in mm				Querschnitt F in qcm	Gewicht für 1 m in kg	Schwerpunktsabstand w in mm	Momente in cm für die X—X Achse		Momente in cm für die Y—Y Achse		2 Eisen. Kleinste Momente (in cm) für die Achse y—y[1]	
	h	b	d	t				Trägh.-moment Jx (cm⁴)	Widerst.-moment Wx (cm³)	Trägh.-moment Jy (cm⁴)	Widerst.-moment Wy (cm³)	Trägh.-moment J_y (cm⁴)	Widerst.-moment W_y (cm³)
3	30	33	5,0	7,0	5,44	4,27	19,9	6,39	4,26	5,33	2,68	29,04[2])	8,8[2])
4	40	35	5,0	7,0	6,21	4,88	21,7	14,1	7,1	6,68	3,08	35,34[2])	10,1[2])
5	50	38	5,0	7,0	7,12	5,59	24,3	26,4	10,6	9,12	3,75	45,1	11,9
6½	65	42	5,5	7,5	9,03	7,10	27,8	57,5	17,7	14,1	5,06	64,6	15,4
8	80	45	6,0	8,0	11,0	8,66	30,5	106,0	26,5	19,4	6,37	86,4	19,2
10	100	50	6,0	8,5	13,5	10,60	34,5	206,0	41,1	29,3	8,5	123,0	24,7
12	120	55	7,0	9,0	17,0	13,35	39,0	364,0	60,7	43,2	11,1	175,0	31,7
14	140	60	7,0	10,0	20,4	16,01	42,5	605,0	86,4	62,7	14,8	251,0	41,8
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,84	46,6	925,0	116,0	85,3	18,3	333,0	51,3
18	180	70	8,0	11,0	28,0	21,98	50,8	1354,0	150,0	114,0	22,4	434,0	61,9
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,28	54,9	1911,0	191,0	148,0	27,0	556,0	74,2
22	220	80	9,0	12,5	37,4	29,36	58,6	2690,0	245,0	197,0	33,6	737,0	92,1
24	240	85	9,5	13,0	42,3	33,21	62,7	3598,0	300,0	248,0	39,6	917,0	108,0
26	260	90	10,0	14,0	48,3	37,92	66,4	4823,0	371,0	317,0	47,8	1172,0	130,0
28	280	95	10,0	15,0	53,3	41,84	69,7	6276,0	450,0	399,0	57,2	1481,0	156,0
30	300	100	10,0	16,0	58,8	46,16	73,0	8026,0	535,0	495,0	67,8	1847,0	185,0

6. Normalprofile der I-Eisen.

Um die Unterschiede in den Umfangsgeschwindigkeiten der einzelnen Kaliberpunkte möglichst gering zu halten, werden die I-Eisen liegend gewalzt; hierdurch erklärt sich der Anlauf der Flanschinnenflächen von 14%, sowie die kräftige Ausrundung an den Übergangsstellen von Steg und Flansch.

Die hierher gehörenden Profile — 33 Stück — von 8—55 cm Höhe, gehören zu den wichtigsten Konstruktionseisen des Ingenieur-Hochbaues, da sie sich vermöge ihrer hohen Tragfähigkeit — namentlich bei senkrechter Belastung, d. h. in Richtung des Steges — allen Verwendungsmöglichkeiten anpassen lassen. Nur für erheblich schräg zum Stege wirkende Biegungsbelastung sind sie oft, wegen des verhältnismäßig kleinen Widerstandsmomentes in bezug auf die senkrechte Hauptachse, weniger wirtschaftlich; hier erscheinen die weiter unten besprochenen breitflanschigen I-Eisen (B-Träger) günstiger.

[1]) Hierbei sind beide [-Eisen ohne Zwischenraum zwischen den Stegen miteinander verbunden gedacht.

[2]) Bei den ersten beiden Profilen sind die Momente auf die x-Achse z. T. kleiner als auf die y-Achse. $J_{x_2} = 12{,}8$ und 28,2; $W_{x_2} = 8{,}51$ und 14,2.

Normalprofile für I-Eisen.

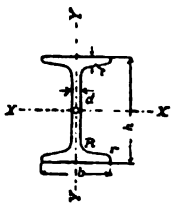


Abb. 82.

Bis $h = 250$ mm ist $b = 0{,}4 \cdot h + 10$ mm; $d = 0{,}03 \cdot h + 1{,}5$ mm
Für $h > 250$ mm ist $b = 0{,}5 \cdot h + 35$ mm; $d = 0{,}036 \cdot h$
Neigung der inneren Flanschflächen 14 %.
$R = d$; $r = 0{,}6\,d$.
Normallänge 4—10 m; größte Länge 14 m.

Profil Nr.	Abmessungen in mm				Querschnitt F in qcm	Gewicht für 1 m in kg	Momente für die X—X Achse		Momente für die Y—Y Achse	
	h	b	d	t			Trägheitsmoment Jx (cm⁴)	Widerst.-moment Wx (cm³)	Trägheitsmoment Jy (cm⁴)	Widerst.-moment Wy (cm³)
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,95	77,7	19,4	6,28	2,99
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,06	117,0	25,9	8,76	3,81
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,33	170,0	34,1	12,2	4,86
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,65	238,0	43,3	16,2	5,99
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,15	327,0	54,5	21,4	7,38
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,64	435,0	67,0	27,4	8,85
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,29	572,0	81,7	35,2	10,7
15	150	70	6,0	9,0	20,4	16,01	734,0	97,9	43,7	12,5
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,90	933,0	117,0	54,5	14,7
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,78	1165.0	137,0	66,5	17,1
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,90	1444,0	161,0	81,3	19,8
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,94	1759,0	185,0	97,2	22,6
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,22	2139,0	214,0	117,0	25,9
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,50	2558,0	244,0	137,0	29,3
22	220	98	8,1	12,2	39,5	31,01	3055,0	278,0	163,0	33,3
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,44	3605.0	314,0	188,0	36,9
24	240	106	8,7	13,1	46,1	36,19	4239,0	353,0	220,0	41,6
25	250	110	9,0	13,6	49,7	39,01	4954,0	396,0	255,0	46,4
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,84	5735,0	441,0	287,0	50,6
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,82	6623,0	491,0	325,0	56,0
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,89	7575,0	541,0	363,0	60,8
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,82	8619,0	594,0	403,0	66,1
30	300	125	10,8	16,2	69,0	54,17	9785,0	652,0	449,0	71,9
32	320	131	11,5	17,3	77,7	60,99	12493,0	781,0	554,0	84,6
34	340	137	12,2	18,3	86,7	68,06	15670,0	922,0	672,0	98,1
36	360	143	13,0	19,5	97,0	76,15	19576'0	1088,0	817,0	114,0
38	380	149	13,7	20,5	107,0	84,00	23978,0	1262,0	972,0	131,0
40	400	155	14,4	21,6	118,0	92,63	29173,0	1459,0	1160,0	150,0
42½	425	163	15,3	23,0	132,0	103,62	36956,0	1739,0	1433,0	76,0
45	450	170	16,2	24,3	147,0	115,40	45888,0	2040,0	1722,0	203,0
47½	475	178	17,1	25,6	163,0	127,96	56410,0	2375,0	2084,0	234,0
50	500	185	18,0	27,0	179,0	140,52	68736,0	2750,0	2470,0	267.0
55	550	200	19,8	30,0	212,0	166,42	99054,0	3602,0	3486,0	349,0 [1]

[1]) Von der Dortmunder Union wird ein 60 cm hohes, 21,5 cm breites Profil gewalzt, das demnächst Normalprofil werden soll mit $J_x = 138957$, $W_x = 4632$, $J_y = 4668$ und $W_y = 434$ in cm⁴ bzw. cm³.

7. Normalprofile der Quadranteisen.

Die hierher gehörenden Eisen — 5 Gruppen an Zahl — werden, zu je vieren in Rohrform vereint, namentlich zur Ausbildung stark in der Achse durch Druck und auf Knickung beanspruchter Stäbe — besonders für Säulen — verwendet. Jede der fünf Gruppen, deren Bezeichnung nach dem inneren „Rohr"-Halbmesser sich richtet, enthält zwei Normaleisen verschiedener Wandstärke. Die zur Verbindung der Quadranteisen dienenden Flanschen („Kappen") sind so stark und breit genommen, daß eine feste und gute Vernietung ausführbar ist.

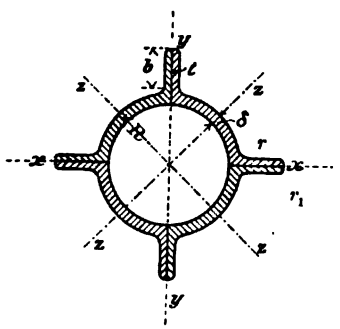


Abb. 83.

Normalprofile der Quadranteisen.

$b = 0{,}2\,R + 25\text{ mm}$; $r = 0{,}12\,R$; $r_1 = 0{,}06\,R$.

Profil-Nr.	R mm	b mm	δ mm	t mm	F in qcm für alle vier Eisen	Gewicht g aller vier Eisen für 1 m in kg	J cm^4 für jede Achse	Größtes W cm^3 für die z-Achse	Kleinstes W cm^3 für die x- oder y-Achse
5	50	35	4	6	29,8	23,39	576	89,3	66,2
5	50	35	8	8	48,0	37,68	906	135	102
7½	75	40	6	8	54,9	43,10	2068	237	175
7½	75	40	10	10	80,2	62,96	2982	331	248
10	100	45	8	10	88,1	69,16	5511	501	370
10	100	45	12	12	120	94,20	7478	663	495
12½	125	50	10	12	129	101,27	12161	917	676
12½	125	50	14	14	169	132,67	15788	1165	867
15	150	55	12	14	179	140,58	23637	1515	1120
15	150	55	18	17	249	195,47	32788	2051	1530

Neben den Normalprofilen seien als wertvolle und für den Eisen-Hochbau zweckmäßige Profile noch erwähnt, die **Greyträger**, d. s. breitflanschige I-Eisen.

Wegen weiterer in Deutschland gewalzter I- und ⊏-Eisen sei auf die übersichtliche „Zusammenstellung der Hauptwerte der von deutschen Walzwerken hergestellten I- und ⊏-Eisen von Georg Schimpf" verwiesen[1]).

8. Grey-„B"-Träger.

Die breitflanschigen I-Eisen oder, wie sie vom Herstellungswerke, der Differdinger Hütte in Luxemburg, genannt werden, B-Profile werden in einem Blockwalzwerke vorgewalzt und dann in einem verbesserten Universalwalzwerke — dem Grey-Walzwerke (vgl. S. 473—474) fertig gestellt.

[1]) München und Berlin, Druck u. Verlag v. R. Oldenbourg 1905. Die Träger-Tabelle, welche alle einschlägigen deutschen Profile, ihrer Höhe nach geordnet, vereinigt, bringt in einem Anhange eine Zusammenstellung der englischen und amerikanischen I- und ⊏-Normal-Profile. Ein Abdruck der Tabelle befindet sich in Vianello, Der Eisenbau, bei dem vorgen. Verlage 1905 erschienen.

Die B-Profile werden in Höhen von 18—75 cm, im ganzen in 24 Abstufungen hergestellt. Die Flanschbreite ist bis zu 30 cm Trägerhöhe gleich der Profilhöhe, von hier an aber gleichbleibend 30 cm. Die Widerstandsmomente steigen in Stufen von 10—12%, die Gewichte in 6—10%.

Im übrigen sei wegen der Abmessungen auf die nachfolgende Zusammenstellung verwiesen.

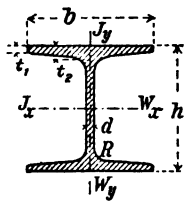


Abb. 84.

Breitflanschige I-Eisen — B-Eisen (Grey-Träger)

der Deutsch-Luxemburgischen Bergwerks- und Hütten-Aktien-Ges., Abteilung Differdingen (Luxemburg). Neigung der inneren Flanschflächen = 9%. Abrundungshalbmesser zwischen Steg und Flansch R = d. Größte Länge bis zu 20 m, ausgenommen die Profile 65 B und 75 B, die z. Z. erst bis zu 17 m Länge erhältlich sind.

Profil-Nr.	Höhe h	Breite b	Dicke Steg d	Dicke Flansch t_1	Dicke Flansch t_2	Querschnitt	Gewicht für 1 m	Trägheitsmomente J_y	Trägheitsmomente J_x	Widerstandsmomente W_y	Widerstandsmomente W_x	Profil-Nr.
	mm	mm	mm	mm	mm	cm²	kg	cm⁴	cm⁴	cm³	cm³	
18 *B*	180	180	8,5	9,0	16,72	59,9	47,0	1 073	3 512	119	390	18 *B*
20 *B*	200	200	8,5	9,5	18,12	70,4	55,3	1 568	5 171	157	517	20 *B*
22 *B*	220	220	9	10	19,5	82,6	64,8	2 216	7 379	201	671	22 *B*
24 *B*	240	240	10,0	10,5	20,85	96,8	76,0	3 043	10 260	254	855	24 *B*
25 *B*	250	250	10,5	10,9	21,7	105,1	82,5	3 575	12 066	286	965	25 *B*
26 *B*	260	260	11,0	11,7	22,9	115,6	90,7	4 261	14 352	328	1104	26 *B*
27 *B*	270	270	11,25	11,95	23,6	123,2	96,7	4 920	16 529	365	1224	27 *B*
28 *B*	280	280	11,5	12,35	24,4	131,8	103,4	5 671	19 052	405	1361	28 *B*
29 *B*	290	290	12,0	12,7	25,2	141,1	110,8	6 417	21 866	443	1508	29 *B*
30 *B*	300	300	12,5	13,25	26,25	152,1	119,4	7 494	25 201	500	1680	30 *B*
32 *B*	320	300	13,0	14,1	27,0	160,7	126,2	7 867	30 119	524	1882	32 *B*
34 *B*	340	300	13,4	14,6	27,5	167,4	131,4	8 097	35 241	540	2073	34 *B*
36 *B*	360	300	14,2	16,15	29,0	181,5	142,5	8 793	42 479	586	2360	36 *B*
38 *B*	380	300	14,8	17,0	29,8	191,2	150,1	9 175	49 496	612	2605	38 *B*
40 *B*	400	300	15,5	18,2	31,0	203,6	159,8	9 721	57 834	648	2892	40 *B*
42½ *B*	425	300	16,0	19,0	31,75	213,9	167,9	10 078	68 249	672	3212	42½ *B*
45 *B*	450	300	17,0	20,3	33,0	229,3	180,0	10 668	80 887	711	3595	45 *B*
47½ *B*	475	300	17,6	21,25	34,0	242,0	190,0	11 142	94 811	743	3992	47½ *B*
50 *B*	500	300	19,4	22,6	35,2	261,7	205,5	11 718	111 283	781	4451	50 *B*
55 *B*	550	300	20,6	24,5	37,0	288,0	226,1	12 582	145 957	839	5308	55 *B*
60 *B*	600	300	20,8	24,7	37,2	300,6	236,0	12 672	179 303	845	5977	60 *B*
65 *B*	650	300	21,1	25,0	37,5	314,5	246,9	12 814	217 402	854	6690	65 *B*
70 *B*	700	300	21,1	25,0	37,5	325,2	255,3	12 818	258 106	854	7374	70 *B*
75 *B*	750	300	21,1	25,0	37,5	335,7	263,4	12 823	302 560	855	8068	75 *B*

9. Rundeisen, Quadrateisen, Flacheisen.

(Stabeisen, 3—20 m lang, gewöhnliches Handels- oder besseres Qualitätseisen.)

Über ihre Gewichts-, bei den Rundeisen auch Querschnittsverhältnisse geben die nachfolgenden drei Zusammenstellungen Auskunft:

a) Tabelle für Rundeisen (Flußeisen).

Durchmesser mm	Gewicht f. 1 lfm kg	Querschnittsfläche qcm	Querschnittsfläche von 2 Stück qcm	3 St. qcm	4 St. qcm	5 St. qcm	6 St. qcm	7 St. qcm	8 St. qcm	9 St. qcm	10 St. qcm
1	0,006	0,0079	0,016	0,024	0,031	0,039	0,047	0,055	0,063	0,071	0,079
2	0,024	0,031	0,063	0,094	0,128	0,157	0,188	0,222	0,25	0,28	0,31
3	0,055	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,71
4	0,098	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,76	0,88	1,00	1,13	1,26
5	0,154	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	0,28	0,56	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
7	0,302	0,38	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,46	3,85
8	0,395	0,50	1,00	1,51	2,01	2,51	3,01	3,52	4,02	4,52	5,03
9	0,499	0,64	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,73	6,36
10	0,617	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
11	0,746	0,95	1,90	2,85	3,80	4,75	5,70	6,65	7,60	8,55	9,50
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,91	9,05	10,18	11,31
13	1,042	1,33	2,65	3,98	5,31	6,64	7,96	9,29	10,62	11,95	13,27
14	1,208	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,77	12,32	13,86	15,39
15	1,387	1,77	3,53	5,30	7,07	8,84	10,60	12,37	14,14	15,91	17,67
16	1,578	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,09	20,11
17	1,782	2,27	4,54	6,81	9,08	11,35	13,62	15,89	18,16	20,43	22,70
18	1,998	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,26	17,81	20,36	22,90	25,45
19	2,226	2,84	5,67	8,51	11,34	14,18	17,02	19,85	22,68	25,52	28,35
20	2,466	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,84	21,99	25,14	28,28	31,42
21	2,719	3,46	6,93	10,39	13,85	17,32	20,78	24,24	27,70	31,17	34,64
22	2,948	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01
23	3,261	4,15	8,31	12,46	16,62	20,77	24,93	29,08	33,24	37,40	41,55
24	3,551	4,52	9,05	13,57	18,10	22,62	27,14	31,67	36,19	40,71	45,24
25	3,853	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
26	4,186	5,31	10,62	15,93	21,24	26,55	31,86	37,17	42,47	47,78	53,09
27	4,495	5,73	11,45	17,18	22,90	28,63	34,35	40,08	45,80	51,53	57,26
28	4,834	6,16	12,31	18,47	24,63	30,79	36,94	43,10	49,26	55,42	61,58
29	5,185	6,60	13,21	19,81	26,42	33,02	39,62	46,23	52,84	59,44	66,05
30	5,549	7,07	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	70,68
31	5,430	7,55	15,09	22,64	30,19	37,74	45,29	52,83	60,38	67,93	75,48
32	6,313	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38	80,42
33	6,720	8,55	17,11	25,66	34,21	42,76	51,32	59,87	68,42	76,97	85,53
34	7,127	9,08	18,16	27,24	36,32	45,40	54,48	63,56	72,63	81,71	90,79
35	7,560	9,62	19,24	28,86	38,48	48,11	57,73	67,34	76,97	86,59	96,21
36	7,999	10,18	20,36	30,54	40,72	50,90	61,07	71,26	81,43	91,61	101,79
37	8,450	10,75	21,50	32,26	43,01	53,76	64,51	75,27	86,02	96,77	107,52
38	8,893	11,34	22,68	34,02	45,36	56,70	68,04	79,38	90,73	102,07	113,41
39	9,400	11,94	23,89	35,84	47,78	59,73	71,68	83,62	95,57	107,51	119,46
40	9,865	12,56	25,13	37,70	50,26	62,83	75,40	87,96	100,53	113,09	125,66
41	10,350	13,20	26,41	39,61	52,81	66,01	79,22	92,42	105,63	118,82	132,03
42	10,876	13,85	27,71	41,56	55,42	69,27	83,12	96,98	110,83	124,68	138,54
43	11,400	14,52	29,04	43,56	58,09	72,61	87,13	101,65	116,18	130,70	145,22
44	11,936	15,20	30,41	45,61	60,82	76,03	91,23	106,43	121,64	136,84	152,05
45	12,480	15,90	31,81	47,71	63,62	79,52	95,42	111,33	127,23	143,13	159,04

Durchmesser mm	Gewicht f. 1 lfm kg	Querschnittsfläche qcm	Querschnittsfläche von 2 Stück qcm	3 St. qcm	4 St. qcm	5 St. qcm	6 St. qcm	7 St. qcm	8 St. qcm	9 St. qcm	10 St. qcm
46	13,046	16,62	33,24	49,86	66,48	83,10	99,71	116,34	132,95	149,57	166,19
47	13,600	17,35	34,70	52,05	69,40	86,75	104,09	121,45	138,79	156,14	173,49
48	14,205	18,09	36,19	54,29	72,38	90,48	108,58	126,67	144,77	162,86	180,96
49	14,900	18,86	37,71	56,57	75,43	94,28	113,14	132,00	150,86	169,72	188,57
50	15 423	19,63	39,27	58,90	78,54	98,17	117,81	137,44	157,08	176,71	196,35

β) Gewichte von Quadrateisen mit Seitenlänge d in mm.

Die angegebenen Gewichte gelten α) für Schweißeisen ($\gamma = 7{,}8$), β) für Fußeisen ($\gamma = 7{,}85$).

d	Gewicht in kg/m		d	Gewicht in kg/m		d	Gewicht in kg/m	
mm	α	β	mm	α	β	mm	α	β
5	0,195	0,196	50	19,500	19,625	180	252,720	254,314
6	0,281	0,283	52	21,091	21,227	185	266,955	268,266
7	0,382	0,385	54	22,745	22,890	190	281,580	283,385
8	0,499	0,502	56	24,461	24,618	195	296,595	298,496
9	0,632	0,636	58	26,239	26,408	200	312,000	314,001
10	0,780	0,785	60	28,080	28,260	205	327,795	329,896
11	0.944	0,950	62	29,983	30,175	210	343,980	346,185
12	1,123	1,130	64	31,949	32,154	215	360,555	362,867
13	1,318	1,327	66	33,977	34,196	220	377,520	379,940
14	1,529	1,539	68	36,067	36,300	225	394,875	397,406
15	1,755	1,766	70	38,220	38,465	230	412,620	415,265
16	1,997	2,040	72	40,435	40,700	235	430,755	433,516
17	2,254	2,269	74	42,713	42,990	240	449,280	452,160
18	2,527	2,543	76	45,053	45,343	245	468,195	471,196
19	2,816	2,834	78	47,455	47,760	250	487,500	490,625
20	3,120	3,140	80	49,920	50,240	255	507,195	510,446
21	3,440	3,462	85	56,355	56,715	260	527,280	530,660
22	3,775	3,799	90	63,180	63,585	265	547,755	551,266
23	4,126	4,153	95	70,395	70,845	270	568,620	572,265
24	4,493	4,522	100	78,000	78,500	275	589,875	593,656
25	4,875	4,906	105	85,995	86,545	280	611,520	615,440
26	5,273	5,307	110	94,380	94,985	285	633,555	637,616
27	5,686	5,723	115	103,155	103,816	290	655,980	660,155
28	6,115	6,154	120	112,320	113,040	295	678,795	683,146
29	6,560	6,602	125	121,875	122,660	300	702,000	706,500
30	7,020	7,065	130	131,820	132,665	305	725,595	730,246
32	7,987	8,038	135	142,155	143,066	310	749,580	754,385
34	9,017	9,075	140	152,880	153,860	315	773,955	778,916
36	10,109	10,174	145	163,995	165,046	320	798,720	803,840
38	11,263	11,335	150	175,500	176,630	325	823,875	829,156
40	12,480	12,560	155	187,395	188,600	330	849,420	854,865
42	13,759	13,847	160	199,680	200,960	335	875,355	880,965
44	15,101	15,198	165	212,355	213,720	340	901,680	917,460
46	16,505	16,611	170	225,420	226,870	345	928,395	934,346
48	17,971	18,086	175	238,875	240,400	350	955,500	961,626

γ) Gewichte von Flacheisen in kg/m (Flußeisen).

Dicke in mm	Breite in mm																		Dicke in mm
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
4	0,157	0,314	0,628	0,942	1,256	1,570	1,884	2,198	2,512	2,826	3,140	6,28	9,42	12,56	15,70	18,84	21,98	25,12	28,26	4
5	0,196	0,393	0,785	1,178	1,570	1,963	2,355	2,748	3,140	3,533	3,925	7,85	11,78	15,70	19,63	23,55	27,48	31,40	35,33	5
6	0,236	0,471	0,942	1,413	1,884	2,355	2,826	3,297	3,768	4,239	4,710	9,42	14,13	18,84	23,55	28,26	32,97	37,68	42,39	6
7	0,275	0,550	1,099	1,649	2,198	2,748	3,297	3,847	4,396	4,946	5,495	10,99	16,49	21,98	27,48	32,97	38,47	43,96	49,46	7
8	0,314	0,628	1,256	1,884	2,512	3,140	3,768	4,396	5,024	5,652	6,280	12,56	18,84	25,12	31,40	37,68	43,96	50,24	56,52	8
9	0,353	0,707	1,413	2,120	2,826	3,533	4,239	4,946	5,652	6,359	7,065	14,13	21,20	28,26	35,33	42,39	49,46	56,52	63,59	9
10	0,393	0,785	1,570	2,355	3,140	3,925	4,710	5,495	6,280	7,065	7,850	15,70	23,55	31,40	39,25	47,10	54,95	62,80	70,65	10
11	0,432	0,864	1,727	2,591	3,454	4,318	5,181	6,045	6,908	7,772	8,635	17,27	25,91	34,54	43,18	51,81	60,45	69,08	77,72	11
12	0,471	0,942	1,884	2,826	3,768	4,710	5,652	6,594	7,536	8,478	9,420	18,84	28,26	37,68	47,10	56,52	65,94	75,36	84,78	12
13	0,510	1,021	2,041	3,062	4,082	5,103	6,123	7,144	8,164	9,185	10,21	20,41	30,62	40,82	51,03	61,23	71,44	81,64	91,85	13
14	0,550	1,099	2,198	3,297	4,396	5,495	6,594	7,693	8,792	9,891	10,99	21,98	32,97	43,96	54,95	65,94	76,93	87,92	98,91	14
15	0,589	1,178	2,355	3,533	4,710	5,888	7,065	8,243	9,420	10,60	11,78	23,55	35,33	47,10	58,88	70,65	82,43	94,20	106,0	15
16	0,628	1,256	2,512	3,768	5,024	6,28	7,536	8,792	10,05	11,30	12,56	25,12	37,68	50,24	62,80	75,36	87,92	100,5	113,0	16
17	0,667	1,335	2,669	4,004	5,338	6,673	8,007	9,342	10,68	12,01	13,35	26,69	40,04	53,38	66,73	80,07	93,42	106,8	120,1	17
18	0,707	1,413	2,826	4,239	5,652	7,065	8,478	9,891	11,30	12,72	14,13	28,26	42,39	56,52	70,65	84,78	98,91	113,0	127,2	18
19	0,746	1,492	2,983	4,475	5,966	7,458	8,949	10,44	11,93	13,42	14,92	29,83	44,75	59,66	74,58	89,49	104,4	119,3	134,2	19
20	0,785	1,570	3,140	4,710	6,280	7,850	9,420	10,99	12,56	14,13	15,70	31,40	47,10	62,80	78,50	94,20	109,9	125,6	141,3	20
21	0,824	1,649	3,297	4,946	6,594	8,243	9,891	11,54	13,19	14,84	16,49	32,97	49,46	65,94	82,43	98,91	115,4	131,9	148,4	21
22	0,864	1,727	3,454	5,181	6,908	8,635	10,36	12,09	13,82	15,54	17,27	34,54	51,81	69,08	86,35	103,6	120,9	138,2	155,4	22
23	0,903	1,806	3,611	5,417	7,222	9,028	10,83	12,64	14,44	16,25	18,06	36,11	54,17	72,22	90,28	108,3	126,4	144,4	162,5	23
24	0,942	1,884	3,768	5,652	7,536	9,420	11,30	13,19	15,07	16,96	18,84	37,68	56,52	75,36	94,20	113,0	131,9	150,7	169,6	24
25	0,981	1,963	3,925	5,888	7,850	9,813	11,78	13,74	15,70	17,66	19,63	39,25	58,88	78,50	98,13	117,8	137,4	157,0	176,6	25

Bei Stärken von 10—20 mm sind Flacheisen vielfach Universaleisen; unter 5 mm werden sie mit dem Namen „Bandeisen" bezeichnet und „bundweise" geliefert, d. h. in größerer Länge und nicht in Stabform.

10. Bleche.

Zu unterscheiden sind: nach der Stärke, Fein- und Grobbleche, nach der Form, gerade und gewellte Bleche, Buckelpatten, Tonnenbleche, nach der Oberfläche, ebene gelochte, geriffelte usw. Bleche.

α) **Feinbleche** (vgl. S. 474), bis zu 4,5 (bzw. 5,0) mm; Abstufung meist nach der deutschen Blechlehre (Stärken von 0,3 bis 5,0 mm). Herstellung aus Schweißeisen-, Flußeisen und Stahlblech. Die Gewichte sind aus der folgenden Zusammenstellung zu entnehmen:

Stärke	Gewicht von 1 qm Blech aus		
	Schweißeisen	Flußeisen	Flußstahl
mm	kg	kg	kg
0,5	3,9	3,92	3,93
1,0	7,8	7,85	7,86
1,5	11,7	11,8	11,8
2,0	15,6	15,7	15,7
2,5	19,5	19,6	19,7
3,0	23,4	23,6	23,6
3,5	27,3	27,5	27,5
4,0	31,2	31,4	31,4
4,5	35,1	35,3	35,4
5,0	39,0	39,25	39,4

Die üblichen Lieferungsabmessungen sind: von 5 (Nr. 2 der deutschen Blechlehre) bis 1,5 (Nr. 15) mm Stärke 0,8 · 1,6; 1,0 · 2,0; 1,25 · 2,50 m; unter 1,5 mm bis 0,5 mm (Nr. 24) 0,8 · 1,6 m.

Werden Bleche in anderen als den üblichen Lagergrößen gefordert, so können die Stärkenabmessungen bis zu denen der nächsten Nummer der Blechlehre nach oben oder unter gehen.

Die Höchstblechgrößen sind:

		L ≦	B ≦
Stärke	5,00—3,00 mm (Nr. 2—9)	4,00 m	1,50 m
„	3,00—2,00 „ („ 9—13)	3,50 „	1,40 „
„	2,00—1,00 „ („ 13—19)	3,00 „	1,25 „
„	1,00—0,75 „ („ 19—21)	2,50 „	1,10 „
„	0,75—0,50 „ („ 21—24)	2,25 „	1,00 „

Hierbei kann die dünnste Stelle um ± 10 % von der verlangten Stärke abweichen. Je nach der Stärke sind Gewichtsabweichungen bei den Lagergrößen von 5—9 v. H., bei den Maximalabmessungen von 7—11 v. H. nicht zu beanstanden; diese Zahlen steigen noch um 50 %, wenn weniger als zehn gleich große Bleche bestellt werden.

Feinbleche finden auch als gelochte Zierbleche Anwendung und werden hierfür in Stärken von 0,75—2,0 mm und bis zu B ≦ 2,5 m, L ≦ 6,00 m geliefert.

β) **Grobbleche** werden aus Fluß- oder Schweißeisen erzeugt. Die Höchstgrößen betragen bei:

	L ≦	B ≦
5,0—6,9 mm Stärke	6,0 m	2,0 m
7,0—9,9 „ „	7,5 „	2,5 „
10,0—19,9 „ „	9,0 „	3,0 „
20,0 mm u. mehr „	10,0 „	3,25 „

Über die erlaubten Unterschiede der kleinsten und größten Blechstärken gibt die nachfolgende Zusammenstellung Aufschluß:

Blechbreite	Unterschied = $\delta_{max} - \delta_{min}$ bei einer Blechstärke von			
	5—6,9 mm	7—9.9 mm	10—19,9 mm	> 20 mm
bis 1,5 m	1,2 mm	1,1 mm	1,0 mm	0,9 mm
1,5—2,0 „	2,0 „	1,8 „	1,7 „	1,6 „
2,0—2,5 „	2,3 „	2,5 „	2,4 „	2,2 „
2,5—3,0 „	—	—	2,9 „	2,8 „
> 3,0 „	—	—	3,4 „	3,2 „

Einzelne Bleche sind abzunehmen, falls ihr Gewicht ein Gewicht nicht überschreitet, das gebildet ist aus den vorhandenen Abmessungen (L · B) und der um 70 v. H. der zulässigen Dickenabweichung vergrößerten bestellten Dicke; jedoch soll das Übergewicht nicht mehr als 3 v. H. — bei den Größtabmessungen 5. v. H. — betragen. Bei Abnahme mehrerer Bleche ist eine Abweichung von ± 3% gestattet. Die Gewichte sind aus der nachfolgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

Gewichte der Flußeisen- und Schweißeisengrobbleche in kg für 1 qm.

Stärke in mm	Flußeisen	Schweißeisen	Stärke in mm	Flußeisen	Schweißeisen
5	39,3	39,0	16	125,6	124,8
6	47,1	46,8	18	141,3	140,4
7	55,0	54,6	20	157,0	156,0
8	62,8	62,4	22	172,7	171,6
9	70,7	70,2	24	188,4	187,2
10	78,5	78,0	25	196,3	195,0
12	94,2	93,6	26	204,1	202,8
14	109,9	109,2	28	219,8	218,4
15	117,8	117,0	30	235,5	234,0

Verzinktes Eisenblech (vgl. auch Rostschutz) findet baulich Verwendung zur Dachhaut in Abmessungen von etwa 0,65 · 1,0 m, ferner zur Rinnenbildung (L = 2,0 m, B = 0,3—0,8 m, sowie für Abfallrohre (und leichte Rinnen) (L = 1,0 m, B = 0,20 bis 0,63 m). Das Weitere über Metallüberzüge der Eisenbleche vgl. vorstehend unter Rostschutz.

γ) **Riffelbleche** sind meist aus Flußeisen hergestellt und auf der Oberfläche mit hervortretenden, rautenförmig verlaufenden kleinen Rippen (Riffeln) versehen; ihr Gewicht beträgt etwa 4—4,5 kg/qm mehr als das des entsprechenden ebenen Bleches. Es wird hergestellt in Stärken von 4—25 mm (ohne Riffelung) und bis zu 1,35 m Breite und 450 kg Gewicht. Verwendung zu Belägen und Abdeckungen aller Art. Eine Gewichtsabweichung von ± 10% ist nicht zu beanstanden. Ähnliche Erzeugnisse stellen die Warzen- und Waffelbleche (1,5 bis 5 mm stark) dar.

δ) **Streckmetall** wird hergestellt aus einem weichen Stahlbleche, in das — die einzelnen Reihen gegeneinander versetzt — Schlitze hineingeschnitten werden. Durch ein seitliches Auseinanderziehen (und geringes senkrechtes Biegen) des Bleches entsteht ein rautenförmiges Gitter. Seine Anwendung findet Streckmetall vorwiegend im Eisenbetonbau.

ε) **Tonnenbleche** (Wölb- oder Hängebleche), aus Schweißeisen oder Flußeisen und meist mit einem Stich von $^1/_8$—$^1/_{12}$ erzeugt, haben i. d. R. Längen von 0,5—3,0 m, Breiten von 0,5—2,0 m, eine größte Tafelgröße von 4,0 qm und Dicken von 3—10 mm; die längsseit verlaufenden, ebenen Ränder sind 60—80 mm breit und werden vernietet (Nietdurchmesser 16 mm = d, bei einem Abstande von 4—6 d). Die Verwendung erfolgt meist (bei Brücken, Decken usw.) mit der Zylinderfläche nach unten durchhängend, selten stehend.

ζ) **Buckelplatten** (Fig. 85) sind mit ebenem, allseitig herumlaufendem Rande nach Art der Klostergewölbe geformte Platten, die stehend oder hängend verwendet werden.

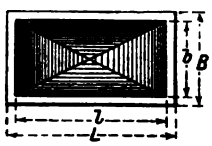


Abb. 85.

Stich = $^1/_{10}$—$^1/_{15}$; Randbreite 40—80 mm; L und B = 0,5—1,5 m. Form rechteckig, quadratisch, trapezförmig. Im ersten Falle beträgt das Gewicht, umgerechnet auf die von der Buckelplatte überdeckte ebene Fläche:

$$G = F \cdot 7{,}85 \text{ kg}, \text{ wenn } F_{qm} = L \cdot B + 2\frac{l^2 + b^2}{l \cdot b} h^2$$

ist. Bei quadratischer Platte l = b wird:

$$F = L^2 + 4h^2;$$

für trapezförmige Platten gilt, wenn L und l bzw. L_1 und l_1 die ungleichen paralellen Seitenlängen darstellen:

$$F = \frac{L + L_1}{2} B + \frac{(l + l_1)(l^2 + l_1^2 + 2b^2)}{2 l l_1 b} \cdot h^2.$$

h bedeutet in obigen Gleichungen stets die Pfeilhöhe des Buckels.

Tabelle der Buckelplatten, hergestellt von der Union-A.-G. in Dortmund. Die Gewichte beziehen sich auf 10 mm starke Bleche.

L mm	B mm	$\frac{B-b}{2} = \frac{L-l}{2}$ (Randbreite) mm	h mm	G kg
500	500	60	27	19,9
700	700	70	45	39,1
750	750	60	45	44,2
1000	1000	60	72	80,1
1310	1000	50	104	106,4
1100	770	55	80	68,7
1630	1270	80	130	167,9
1098	1098	78	78	96,5
1098	1098	40	75	96,4
1140	1140	40	85	104,3
1265	1265	80	100	128,8
1490	1490	78	130	179,6

Die Tragfähigkeit der Buckelplatten wird zweckmäßig durch Versuche gefunden. Einen Anhalt für die gleichmäßige Traglast mögen die nachfolgenden Angaben liefern: Bei der für gewöhnlich verlangten frei tragenden Länge und Breite von 0,9—1,0 m und einem normalen Pfeilverhältnisse trägt eine Buckelplatte von

3	4	5	6	mm Stärke bei
G = 23,2	31,0	38,6	46,8	kg/qm

als zulässige Last eine gleichmäßig verteilte Belastung von:

1160	2000	3400	4900	kg/qm.

Für eine konzentrierte in Plattenmitte wirksame Last (P) gibt die nachfolgende Zusammenstellung einen Anhalt:

L in mm	B in mm	δ in mm	h in mm	P in kg	
1400	1400	8	80	7 500	} und zwar bei Erreichung der Elastizitätsgrenze.
1400	1400	8	120	10 000	
1250	1250	7	75	11 750	

Liegt die quadratische Platte nur auf zwei Seiten auf, so ist ihre Tragfähigkeit nur zu etwa $^5/_8$ der bei allseitiger Auflagerung zu nehmen.

Wellbleche werden bei dünnen Blechen und niedrigen Wellen in der Regel durch Walzen, bei dickeren Tafeln und hohen Profilen durch Pressen hergestellt. Je nach der Form werden unterschieden flache Wellbleche (Abb. 86) und Trägerwellbleche (Abb. 87). Bei den ersteren ist der $\sphericalangle\ \alpha < 180^0$, während Trägerwellbleche sich aus Halbkreisen und zwischen diesen eingeschalteten geraden Stegen zusammensetzen[1]).

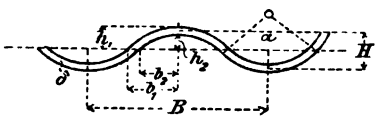


Abb. 86.

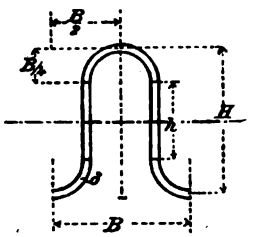


Abb. 87.

Die nachfolgenden Tabellen enthalten eine Anzahl gebräuchlicher Profile für flaches und Trägerwellblech, sowie die Profile zweier bekannterer Firmen. Aus den ersten beiden allgemein gültigen Zusammenstellungen, welche für 1 mm Stärke aufgestellt sind, werden die Momente und Gewichte schwächerer oder stärkerer Bleche angenähert durch Multiplikation mit der betreffenden Blechstärke δ, genauer mit dem Faktor: $\frac{H-\delta}{H+\delta}$ abgeleitet.

---

[1]) Das Trägheitsmoment eines flachen Wellbleches beträgt (vgl. Abb. 86): $J = \frac{64}{105}(b_1 h_1^3 - b_2 h_2^3)$, woraus das Widerstandsmoment: $W = \frac{2J}{H+\delta}$ folgt; für den Wert $b_2 - b_1$ kann mit annähernder Genauigkeit $1{,}3\,\delta$ gesetzt werden. Will man J und W für 1 m Wellenbreite darstellen, so sind die obigen Werte mit $\frac{100}{B}$ zu multiplizieren. Zum gleichen Zwecke können auch, wenn B, H und δ in mm gegeben sind, die folgenden Formeln, bezogen auf je 1 lfm. Breite Verwendung finden:

$$J_{lfm} = 0{,}1\left[0{,}103 + 0{,}186\,\frac{H}{B}\right] H^2\,\delta \text{ in cm}^4$$

$$W_{lfm} = \left[0{,}196 + 0{,}354\,\frac{H}{B}\right] H\,\delta \text{ in cm}^3.$$

Beispiel: Die Wellenbreite eines flachen Bleches B sei = 150 mm, die Wellentiefe = 40 mm, die Blechstärke = 1 mm. Alsdann ergibt sich mit Berücksichtigung von Abb. 86: $h_1 = 20{,}5$ mm, $h_2 = 19{,}5$ mm, $b_2 - b_1 = 1{,}3$ mm, $b_1 = b + \frac{1{,}3}{2}$ mm $= \frac{150}{4} + \frac{1{,}3}{2} = 38{,}15$ mm, $b_2 = 38{,}15 - 1{,}3 = 36{,}85$ mm.

Hieraus folgt gemäß der obigen Hauptgleichung: $J = 3{,}464$ cm^4 und $W = \frac{2 \cdot 3{,}464}{4{,}0 + 0{,}13} = 1{,}67$ cm^3.

Bei den Gewichtsangaben ist Flußeisenschwarzblech in ungestrichenem, nicht verzinktem Zustande vorausgesetzt. Für einen beiderseitigen Zinküberzug sind die Gewichte für 1 qm um 1,2—2,0 kg — je nach der Stärke der Zinkschicht und der Wellenform — zu erhöhen.

Tabelle I. Flache Eisenwellbleche.

Wellenbreite	Wellenhöhe	Querschnitt für 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite	Wellenbreite	Wellenhöhe	Querschnitt für 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite
		und für 1 mm Blechstärke					und für 1 mm Blechstärke		
mm	mm	qcm	kg	cm³	mm	mm	qcm	kg	cm³
60	30	15,7	12,3	11,4	140	70	15,7	12,3	26,7
60	25	14,1	11,1	8,9	150	60	13,8	10,8	20,6
70	35	15,7	12,3	13,8	150	75	15,7	12,3	28,6
75	30	13,8	10,8	10,3	160	65	13,9	10,9	22,6
80	40	15,7	12,3	15,2	160	80	15,7	12,3	30,5
85	35	14,0	11,0	12,4	170	85	15,7	12,3	32,4
90	45	15,7	12,3	17,1	175	70	13,8	10,8	24,0
100	40	13,8	10,8	13,8	180	90	15,7	12,3	34,4
100	50	15,7	12,3	19,3	185	75	13,9	10,9	26,1
110	45	14,0	11,0	15,8	190	95	15,7	12.3	36,3
110	55	15,7	12,3	20,9	200	80	13,8	10,8	27,5
120	60	15,7	12,3	22,9	200	100	15,7	12,3	38,9
125	50	13,8	10,8	17,2	220	110	15,7	12,3	42,0
130	65	15,7	12,3	24,8	240	120	15,7	12,2	46,7
135	55	13,9	10,9	19,2	250	100	13,8	10,8	34,4

Alsdann ergibt sich weiter das Trägheits- und Widerstandsmoment auf 1 m Breite bezogen:

$$J_{1fm} = \frac{3{,}464 \cdot 100}{15} = 23{,}07\ \text{cm}^4, \qquad W_{1fm} = \frac{1{,}67 \cdot 100}{15} = 11{,}12\ \text{cm}^3.$$

Wendet man die an zweiter Stelle gegebenen Gleichungen an, so ergibt sich:

$$J_{1fm} = 0{,}1 \left(0{,}103 + 0{,}186 \frac{40}{150}\right) 40^2 \cdot 1 = 25{,}48\ \text{cm}^4.$$

$W_{1fm} = \left(0{,}196 + 0{,}354 \frac{40}{150}\right) \cdot 40 \cdot 1 = 11{,}44\ \text{cm}^3$, d. h. die Annäherungsformeln ergeben für die praktische Ausführung genügend genaue Resultate.

Beim Trägerwellbleche ergibt sich im Hinblick auf Abb. 87 für je 1 Welle:

$J = \frac{\delta}{4}\left(\frac{\pi B^3}{16} + B^3 h + \frac{\pi B h^2}{2} + \frac{2}{3} h^3\right)$, wenn $h = \left(H - \frac{B}{2}\right)$ ist.

Ferner ist $W = \frac{2J}{H + \delta}$. In gleicher Weise werden auch hier die bezüglichen Werte für 1 m Breite mit $\frac{100}{B}$ abgeleitet. Eine andere Darstellung der Momente (Abb. 88) ergibt die Beziehung:

$$J_1 = \frac{\pi}{64}(b^4 - c^4) + \frac{1}{3} a (b^3 - c^3) + \frac{\pi}{4} a^2 (b^2 - c^2) + \frac{2}{3} a^3 (b - c); \qquad W = \frac{J}{a + \frac{b}{2}},$$

beide Ausdrücke für je 1 Welle.

Für das Gewicht beider Arten von Wellenblechen kann die Annäherungsgleichung Verwendung finden: $G = W\left(\frac{3}{H} + \frac{0{,}6}{B}\right)$ kg/m², worin H die Wellenhöhe, B die Wellenbreite und W das Widerstandsmoment für 1 m Plattenbreite darstellen.

Tabelle II. Trägerwellbleche.

Wellenbreite	Wellenhöhe	Querschnitt für 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite	Wellenbreite	Wellenhöhe	Querschnitt für 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite
		und für 1 mm Blechstärke					und für 1 mm Blechstärke		
mm	mm	qcm	kg	cm³	mm	mm	qcm	kg	cm³
60	40	19,0	14,9	18,0	100	100	25,7	20,2	58,8
60	60	25,7	20,2	34,6	100	120	29,7	23,3	78,5
70	70	25,7	20,2	40,4	105	70	19,0	14,9	31,7
75	50	19,0	14,9	22,6	110	110	25,7	20,2	63,9
75	75	25,7	20,2	43,2	120	80	19,0	14,9	36,8
75	90	29,7	23,3	58,9	120	120	25,7	20,2	69,7
80	80	25,7	20,2	46,3	135	90	19,0	14,9	40,8
90	60	19,0	14,9	27,2	150	100	19,0	14,9	45,3
90	90	25,7	20,2	52,2	165	110	19,0	14,9	49,9
90	110	30,2	23,7	72,6	180	120	19,0	14,9	54,4

Tabelle III. Wellbleche

von Hein, Lehmann & Co., A.-G., Berlin N.

Normalprofil	Wellenbreite B	Wellenhöhe H	Querschnitt für 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm Wellblech	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite	Größte Baubreite	Normalprofil	Wellenbreite B	Wellenhöhe H	Querschnitt für 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm Wellblech	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite	Größte Baubreite
			u. für 1 mm Blechstärke							u. für 1 mm Blechstärke			
Nr.	mm	mm	cm²	kg	cm³	mm	Nr.	mm	mm	cm²	kg	cm³	mm
			Flache Wellbleche							Trägerwellbleche			
2½/10	100	25	11,6	9,1	7,5	900	5	100	50	17,50	12,3	17,0	700
3/10	100	30	12,26	9,6	9,48	900	6	100	60	17,70	13,9	25,2	600
3½10	100	35	13,02	10,2	11,62	800	7	100	70	19,70	15,5	33,0	500
4/10	100	40	13,86	10,9	13,92	800	8	100	80	21,70	17,0	40,5	500
4½10	100	45	14,80	11,5	16,38	700	9	100	90	23,70	18,6	48,4	400
2½/15	150	25	10,72	8,5	6,83	900							
3/15	150	30	11,02	8,6	8,52	900							
3½/15	150	35	11,38	8,9	10,31	900							
4/15	150	40	11,80	9,3	12,21	900							
4½/15	150	45	12,26	9,6	14,22	750							
5/15	150	50	12,75	10,0	16,33	750							
6/15	150	60	12,91	10,9	17,97	750							

Tabelle IV. Wellbleche

der Tillmannschen Eisenbau-Aktien-Gesellschaft, Remscheid.

(Es ist im Interesse einer raschen Lieferung zu empfehlen, die fettgedruckten Profile zu wählen.)

Flache Wellbleche.

Profil-Nr.	Wellenbreite B	Wellenhöhe H	Querschnitt f. 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm Wellblech	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite	Baubreite	Profilbreite	Wellenbreite B	Wellenhöhe H	Querschnitt f. 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm Wellblech	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite	Baubreite
			u. für 1 mm Blechstärke							und für 1 mm Blechstärke			
	mm	mm	cm²	kg	cm³	mm		mm	mm	cm²	kg	cm³	mm
1	**60**	**20**	**12,7**	**9,88**	**6,5**	**780**	9	130	25	10,9	8,46	7,0	910
2	75	25	12,7	9,88	8,02	750	**10**	**135**	**35**	**11,8**	**9,19**	**10,6**	**810**
3	**85**	**25**	**12,2**	**9,52**	7,8	**680**	11	150	35	11,4	8,87	10,3	750
4	100	25	11,7	9,13	7,5	800	**12**	**150**	**40**	**11,8**	**9,20**	**12,2**	**750**
5	100	30	12,2	9,55	9,6	800	**13**	**150**	**45**	**12,3**	**9,56**	**14,2**	**750**
6	**100**	**35**	**13,0**	**10,14**	**11,6**	**700**	14	150	50	12,7	9,93	16,0	750
7	**100**	**40**	**14,1**	**11,00**	**13,9**	**700**	**15**	**150**	**60**	**14,0**	**10,91**	**20,9**	**600**
8	**122**	**29**	**11,5**	**8,95**	**8,6**	**854**	16	230	75	12,6	9,83	24,3	690
							17	250	60	11,5	8,95	17,8	750
							Trägerwellbleche.						
18	20	10	15,7	12,24	3,9	—	32	100	70	19,7	15,37	32,6	500
19	30	15	15,7	12,24	5,83	—	33	100	75	20,7	16,15	36,4	500
20	**40**	**20**	**15,7**	**12,24**	**7,8**	**600**	**34**	100	80	21,7	16,93	40,3	400
21	**66**	**34**	**15,8**	**12,29**	**13,5**	**660**	35	100	85	22,7	17,70	44,5	400
22	90	45	15,7	12,24	17,5	630	36	100	90	23,7	18,49	48,8	400
23	90	50	16,8	13,08	20,5	540	37	100	95	24,7	19,27	53,3	400
24	90	55	17,9	13,95	23,8	540	38	100	100	25,7	20,05	58,0	400
25	90	60	19,0	14,80	27,2	540	39	120	80	19 0	14,82	36,3	480
26	90	65	20,1	15,68	23,8	450	40	120	90	20,7	16,12	43,8	480
27	**90**	**70**	**21,2**	**16,55**	**34,7**	**450**	41	120	100	22,3	17,42	51,7	480
28	90	75	22,3	17,42	38,7	450	42	120	110	24,0	18,70	60,8	480
29	**100**	**50**	**15,7**	**12,24**	**19,7**	**612**	**43**	**160**	**80**	**15,7**	**12,24**	**31,2**	**610**
30	**100**	**60**	**17,7**	**13,80**	**25,7**	**500**	**44**	**160**	**100**	**18,2**	**14,19**	**43,8**	**640**
31	100	65	18,7	14,58	29,1	500	45	160	50	24,4	19,06	83,4	640

Die Baubreite der flachen Wellbleche beträgt in der Regel 65—95 cm, die Plattenlänge 2—3 m; bei Trägerwellblech stellen sich diese Zahlen auf 45—90 cm und 3—4 m.

Gewölbtes (bombiertes) Trägerwellblech trägt bei gleichmäßiger Belastung und bei $^1/_{12}$—$^1/_{10}$ Stich etwa das 8—10fache der zulässigen Last des geraden Wellbleches.

Für die Stoßausbildung und Befestigung der Wellbleche sind rd. 10 v. H. dem Gewichte zuzuschlagen.

Eine abgeleitete Form der normalen Wellbleche stellen die Doppel- und Tripelbleche des Ingenieurs Knutson dar (D. R. P.) — Knutsonbleche —, entstanden (Abb. 89—91) dadurch, daß beim Doppelwellbleche jede zweite Welle des normalen Bleches nach unten, bei Tripelblech abwechselnd nach unten und nach oben gedreht worden ist. Hierdurch entstehen Wellbleche, welche bei gleicher Materialmenge, also

auch demselben Gewichte, eine zwei- bzw. dreifache Höhe erlangen. Die Widerstandsmomente wachsen hierbei beim Doppelbleche — sowohl bei der flachen als auch der Trägerform — um 64, bei Tripelblech sogar um 131 v. H. Neben dieser sehr erheblichen Erhöhung des Widerstandsmomentes liegt der Vorteil der neuen Blechformen in einer erhöhten Verwendungsmöglichkeit von dünneren Eisenplatten zur Wellblecherzeugung, da durch sie eine Anzahl der heute üblichen 2 und mehr mm starken und in der Herstellung teuren Profile durch dünnwandige Bleche ersetzt werden können, ferner in der, trotz größerer Höhe erreichten Kleinhaltung der Berg- und Talkurven

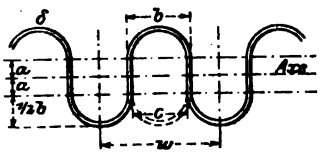


Abb. 88.

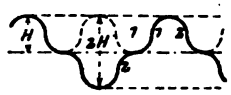


Abb. 89.

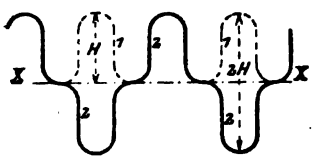


Abb. 90.

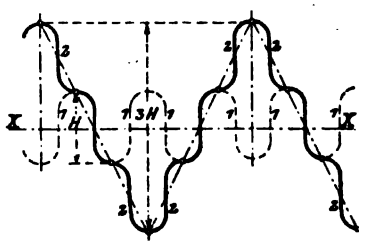


Abb. 91.

und der hierdurch bedingten verhältnismäßig großen Steifigkeit des Wellbleches. — Die Bleche können Verwendung finden zu Deckenbauten, für Brückenfahrbahnen (gut wegen der — im Vergleiche zu einem gleich hohen Normalwellbleche — geringeren Betonfüllungsmasse usw.), zu Dachdeckungen, freitragenden Wellblechdächern (bis zu etwa 30,0 m Spannweite wirtschaftlich gegenüber eisernen Fachwerksunterbauten) usf.

11. Eisenbahnschienen und Schwellen.

Der Baustoff der Schienen ist zurzeit Flußstahl von nicht zu großer Härte und entsprechender Zähigkeit und zwar sowohl Bessemer-, als auch Thomas- (namentlich in Deutschland) und Simens-Martin-Stahl. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt Durchschnittswerte über den Umfang der hauptsächlichsten Beimengungen im Schienenstahl[1]).

	Aus Untersuchungen der Sächsischen Staatseisenbahnen		In England ist üblich
	Siemens-Martin-Stahl	Thomas-Stahl	
Eisen	97,968—98,357	98,014—98,141	99,17—99,45
Kohlenstoff	0,322— 0,415	0,287— 0,298	0,50— 0,35
Silizium	0,334— 0,191	0,185— 0,160	0,15— 0,06
Mangan	1,285— 0,949	1,442— 1,331	0,10— 0,08
Phosphor	0,091— 0,088	0,072— 0,070	0,08— 0,06

Spezifisches Gewicht des Schienenstahles 7,83—7,92.

Die Schiene wird aus dem Block in einer Hitze fertig gewalzt. Nach Austritt aus dem letzen Kaliber wird das Walzstück, welches die Länge mehrerer Normalschienen

[1]) Nach Lucas im Taschenbuche für Bauingenieure S. 1326, Verlag Julius Springer in Berlin.

hat, mittelst Kreissäge in einzelne Stücke von normaler Länge zerteilt, alsdann auf dem Warmlager vermittelst von Holzschlägeln, dann auf der Richtpresse gerichtet, schließlich gebohrt und an den Kopfenden abgefaßt. Über die Härteprüfung vergl. § 87.

Die Form und Abmessung der Schienen ist eine sehr verschiedene. In der Regel finden Breitfußschienen, weniger häufig Stuhlschienen Verwendung. Bei den deutschen Bahnen beträgt die Breite des Fußes in der Regel 100—130 mm, seine mittlere Stärke 23—25 mm, am Rande 8—11 mm, während der Steg zu 11—25 mm, die Höhe zu 130—147 mm gewählt wird ($>$ 125 mm). Der Querschnitt zeigt zwischen 42—66 qcm Inhalt, er ist so zu formen, daß der Schwerpunkt etwa in halber Höhe liegt, und zwar unter Berücksichtigung der größten zulässigen Abnutzung. Als solches Maß kann bei den schweren Profilen 10—15 mm eingeführt werden. Das Gewicht für 1 lfm. schwankt zwischen 30 und 45 kg, das Trägheitsmoment liegt zwischen 1000 u. 1700 cm^4, das Widerstandsmoment zwischen 150 und 230 cm^3.

Die Schienenlänge beträgt bei stumpfem Stoße i. d. R. 10—15 m, überschreitet aber selten 12,0 m; nur ausnahmsweise, in Tunneln oder auf Brücken und Wegeübergängen ist L = 18—20 m. Weitere Einzelheiten gehören in das Sondergebiet des Eisenbahnbaues. Das gleiche gilt von den eisernen Schwellen, die, seltener — wegen ungünstiger Stützungsverhältnisse — bei Hauptbahnen als Längs-, meist in Form von Querschwellen nach sehr verschiedenen Systemen Anwendung finden. Das Walzen der Querschwellen erfolgt in Ausdehnung von mehrfachen Schwellenlängen; die einzelnen durch Zerteilung gewonnenen Schwellen werden durch Umbiegen der Decke an ihrem Ende mit einer seitlichen Abschlußkappe versehen und für die Schienenbefestigung entsprechend gelocht. Das Material ist bestes Flußeisen mit einer Zerreißfestigkeit $>$ 4000 kg/qcm. Von der Gestalt der Schwelle ist eine genügend große, obere Plattenbreite (120—150 mm), eine reichliche Grundfläche (B = 240—260 mm) und eine Länge von 2,5—2,7 m zu fordern. Ihre Höhe beträgt rd. 75—100 mm, der Querschnitt ist meist trogförmig.

12. Handeisen

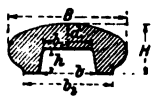


Abb. 92.

(Handläufereisen, als „Normalprofil" gewalzt) Abb. 92, in Normallängen von 4—8 m, aber bis zu 12 und 15 m erhältlich. Über die Abmessungen und Gewichte vgl. die nachfolgende Tabelle:

Profil-Nr.	B	H	b	h	d	b_1	b_2	Querschnitt in qcm	Gewicht in kg/m
	in mm								
4	40	18	20	10	8	18	30	4,20	3,30
6	60	27	30	15	12	27	45	9,46	7,43
8	80	36	40	20	16	36	60	16,8	13,2
10	100	45	50	25	20	45	75	26,3	20,6
12	120	54	60	30	24	54	90	37,8	29,7

b) Schmiedeeiserne Rohre, Verbindungsteile.

1. Schmiedeeiserne (bzw. Stahl-) Rohre.

Schmiedeeiserne (bzw. Stahl-) Rohre können sein: genietet (bei großen Weiten), hart gelötet (für Dampfheizungen), stumpf geschweißt (Gas- und Wasserleitungsrohre mit Gewinde und Muffe), mit übereinandergelappter Naht geschweißt (Kesselrohre), nahtlos und längsgerippt (Patentstahlrohre der Duisburger Eisen- und Stahlwerke aus zähem Martineisen, auch als Säulen, Masten usw. verwendet), spiral geschweißt (Rheinische

Metallwarenfabrik zu Düsseldorf-Derendorf), Mannesmann-Rohre (Düsseldorf, für alle Arten von Leitungen, auch unter hohem Druck, ein Ersatz alsdann für gußeiserne Muffenrohre mit Längen bis 8,0 m und auf einen Druck von 70 Atm. geprüft), endlich Brunnen- und Bohrrohre (auch als Mannesmann-Rohre geliefert), 3 bis 5,5 m in der Regel lang, mit langem Gewinde und zylindrischer Muffe, konstantem äußerem Durchmesser und veränderlicher Stärke bei demselben Bohrrohre; die äußeren Durchmesser gehen von 90—33 mm, Wandstärken 4—7 mm. Preis bei etwa 50 Atm. Beanspruchung der Rohre 15 M. für je 100 kg, — eine für den Voranschlag ausreichende Zahl.

Die Rohre kommen entweder roh, schwarz (asphaltiert), mit Mennige oder Ölfarbe gestrichen, mit Juteumwickelung und Goudronanstrich versehen, oder verzinkt (für Wasserleitungen z. B.) in den Handel.

2. Niete und Schrauben.

α) Die **Normalniete** sind in der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten; daneben kommen bei Konstruktionen noch häufig vor 6 und 8 mm (im Hochbau, mehr als Haftniete), 13 und 23 mm Durchmesser, mit Querschnittsflächen von 0,28, 0,50, 1,32 und 4,16 qcm.

Form der Nietköpfe voll (normal), halb versenkt, versenkt (nicht empfehlenswert bei wichtigeren Anschlüssen) — Abb. 93—95. Bei den Normalköpfen wird für feste und zugleich dichte Verbindungen $D = 1{,}8\,d$ ausgeführt und die Höhe des Kopfes zu $0{,}6\,d$ gewählt; daneben kommen auch vielfach Formen mit $D = 1{,}56\,d$, Kopfhöhe $= 0{,}54\,d$, $h = {}^3/_8\,d$ bei den Konstruktionen, im Maschinenbau noch verschiedene andere Formen vor.

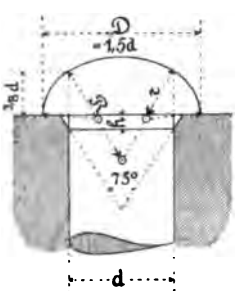


Abb. 93.

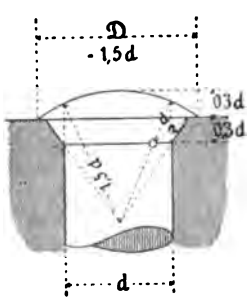


Abb. 94.

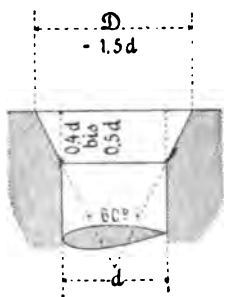


Abb. 95.

Tabelle I.

Querschnittsinhalte (F) der Schäfte der Normalniete und der zugehörenden Gewichte der normalen (G_n) und halbversenkten (G_v) Nietköpfe.

d in mm	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
F in qcm	0,79	1,63	1,54	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,31	6,16	7,07
G_n für 1000 Nietköpfe in kg	4,52	7,82	12,41	18,53	26,38	36,19	48,17	62,54	79,51	99,31	122,15
G_v desgl.	3,64	6,29	9,98	14,90	21,21	29,10	38,73	63,28	50,28	63,28	98,21

1000 normale Nietköpfe vom Durchmesser	6	8	13	23	mm wiegen:
	2,6	3,5	9,7	53,5	kg

Vielfach werden auch die Gewichte der Niete in der Art berechnet, daß für die Länge zwischen den Köpfen die betreffenden Rundeisengewichte (siehe S. 509) maßgebend sind, und für die Köpfe eine Stablänge von rd. 1,5 Schaftdurchmessern hinzugefügt wird.

Die Preise richten sich nach der Nietstärke und sind bei kleineren Durchmessern höher als bei größeren; sie gehen von etwa 30 M. (bei 6—8 mm Durchmesser) bis zu 18 M. (bei 26 mm Durchmesser) für je 100 kg.

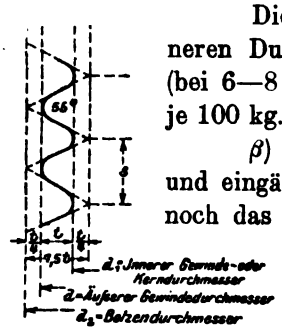


Abb. 96.

β) Als **Befestigungsschrauben** finden einschließlich scharfgängige und eingängige Schrauben Anwendung; sehr verbreitet ist in Deutschland noch das Witworthsche System (Abb. 96) ($\sphericalangle$ 55°, Abplattung um je rd. 16,6% der Gewindedreieckshöhen). Daneben beginnt die metrische Skala Eingang zu finden, ($\sphericalangle = 60°$, also ein gleichseitiges Dreieck, Abplattung nur 1/8 der Dreieckshöhen).

Über die Abmessungen und die Gewichtsverhältnisse des Witworthschen Systems und des metrischen Gewindes vgl. die nachfolgenden Zusammenstellungen II und III.

Tabelle II.

Witworths Skala der eingängigen scharfen Schrauben.

Nr.	Bolzendurchmesser d_2 cm	Äußerer Gewindedurchmesser d cm	Innerer Durchmesser d_1 (Kerndurchmesser) cm	Anzahl der Gewindegänge auf die Länge d	Schlüsselweite der Mutter D cm	Höhe der Mutter abgerundet cm	Kopfhöhe abgerundet cm	Gewicht[1]) von 10 cm Schaft kg	der Mutter kg	des sechseckigen Kopfes kg	des quadratischen Kopfes kg
1	0,8	0,64	0,48	5	1,4	0,6	0,4	0,080	0,006	0,005	0,005
2	0,9	0,79	0,61	5 5/8	1,6	0,8	0,6	0,039	0,011	0,010	0,012
3	1,1	0,95	0,75	6	1,8	1,0	0,7	0,061	0,020	0,017	0,020
4	1,2	1,11	0,88	6 1/8	2,1	1,1	0,8	0,088	0,026	0,024	0,028
5	1,4	1,27	1,00	6	2,3	1,3	0,9	0,104	0,035	0,031	0,037
6	1,7	1,59	1,29	6 1/8	2,7	1,6	1,1	0,157	0,058	0,054	0,063
7	2,0	1,90	1,58	7 1/2	3,2	1,9	1,3	0,221	0,104	0,095	0,110
8	2,3	2,22	1,86	7 7/8	3,6	2,2	1,5	0,324	0,134	0,129	0,152
9	2,7	2,54	2,13	8	4,1	2,5	1,8	0,414	0,186	0,194	0,225
10	3,0	2,86	2,39	7 7/8	4,5	2,9	2,0	0,515	0,275	0,274	0,316
11	3,3	3,18	2,72	8 3/4	5,0	3,2	2,2	0,627	0,356	0,368	0,429
12	3,6	3,49	2,95	8 1/4	5,4	3,5	2,4	0,750	0,463	0,470	0,546
13	3,9	3,81	3,27	9	5,8	3,8	2,7	0,932	0,559	0,605	0,708
14	4,3	4,31	3,48	8 1/8	6,3	4,1	2,9	1,081	0,725	0,770	0,898
15	4,6	4,45	3,80	8 3/4	6,7	4,4	3,2	1,241	0,870	0,966	1,120
16	4,9	4,76	4,00	8 7/16	7,2	4,8	3,4	1,412	1,109	1,189	1,375
17	5,2	5,08	4,36	9	7,6	5,1	3,6	1,593	1,277	1,392	1,622
18	5,8	5,72	4,91	9	8,5	5,7	4,0	2,061	1,793	1,949	2,254
19	6,5	6,35	5,54	10	9,4	6,4	4,5	2,509	2,417	2,672	3,101
20	7,1	6,99	6,06	9 5/8	10,3	7,0	4,9	3,002	3,196	3,513	4,055
21	7,7	7,62	6,69	10 1/2	11,2	7,6	5,3	3,632	4,037	4,480	5,186
22	8,4	8,26	7,26	10 9/16	12,1	8,3	5,8	4,220	5,105	5,707	6,624
23	9,0	8,89	7,89	11 3/8	13,0	8,9	6,2	4,852	6,384	7,073	8,173

[1]) Bei der Gewichtsberechnung ist der in der Mutter steckende Teil der Schraube nicht mit berücksichtigt.

Nr.	Bolzendurchmesser d^2 cm	Äußerer Gewindedurchmesser d cm	Innerer Durchmesser d_1 (Kerndurchmesser) cm	Anzahl der Gewindegänge auf die Länge d	Schlüsselweite der Mutter D cm	Höhe der Mutter abgerundet cm	Kopfhöhe abgerundet cm	Gewicht von 10 cm Schaft kg	Gewicht der Mutter kg	Gewicht des sechseckigen Kopfes kg	Gewicht des quadratischen Kopfes kg
24	9,6	9,53	8,44	$11^1/_4$	13,8	9,5	6,7	5,646	7,501	8,600	9,952
25	10,3	10,16	9,07	12	14,7	10,2	7,1	6,374	9,129	10,38	11,97
26	11,2	10,10	9,67	$12^7/_{32}$	15,6	10,8	7,6	7,146	10,82	12,48	14,43
27	11,9	11,43	10,30	$12^{15}/_{16}$	16,5	11,4	8,0	8,102	12,67	14,67	16,99
28	12,5	12,07	10,88	$13^1/_{16}$	17,4	12,1	8,5	8,969	14,87	17,30	20,07
29	13,2	12,70	11,52	$13^3/_4$	18,3	12,7	8,9	9,881	17,28	20,10	23,25
30	13,8	13,34	12,17	$13^{25}/_{32}$	19,2	13,3	9,3	11,00	19,77	23,09	26,74
31	14,4	13,97	12,75	$14^7/_{16}$	20,1	14,0	9,8	12,01	22,88	26,78	30,88
32	15,1	14,61	13,30	$14^3/_8$	20,9	14,6	10,2	13,06	25,60	30,06	34,75
33	15,3	15,24	13,94	15	21,8	15,2	10,6	14.34	29,03	34,07	39,29

Die Unterlagsscheiben erhalten einen Durchmesser von 1,3 D (1,3 Schlüsselweite) bei einer Stärke von 0,1 D.

Tabelle III.

Metrisches Gewinde (S-J-Gewinde = Système internat.).

Äußerer Gewindedurchmesser mm	Kerndurchmesser mm	Ganghöhe mm	Gangtiefe mm	Schlüsselweite mm
6	4,59	1,0	0,705	12
7	5,59	1,0	0,705	13
8	6,24	1,25	0,88	15
9	7,24	1,25	0,88	16
10	7,89	1,5	1,055	18
11	8,89	1,5	1,055	19
12	9,54	1,75	1,23	21
14	11,19	2,0	1,405	23
16	13,19	2,0	1,405	26
18	14,48	2,5	1,76	29
20	16,48	2,5	1,76	32
22	18,48	2,5	1,76	35
24	19,78	3,0	2,11	38
27	22,78	3,0	2,11	42
30	25,08	3,5	2,46	46
33	28,08	3,5	2,46	50
36	30,37	4,0	2,815	54
39	33,37	4,0	2,815	58
42	35,67	4,5	3,165	63
45	38,67	4,5	3,165	67
48	40,96	5,0	3,52	71
52	44,96	5,0	3,52	77
56	48,26	5,5	3,87	82
60	52,26	5,5	3,87	88
64	55,56	6,0	4,22	94
68	59,56	6,0	4,22	100
72	62,95	6,5	4,575	105
76	66,85	6,5	4,575	110
78	70,15	7,0	4,925	116

3. Nägel.

Nach der Herstellung unterscheidet man geschmiedete, geschnittene und Drahtnägel. Geschmiedete Nägel bestehen in der Regel aus vierkantigem Stabeisen und werden von Hand aus erzeugt. Eine Abart bilden Schraubennägel, beim Einschlagen sich drehend und sehr fest sitzend, aus glühend gemachten Eisenstäben hergestellt und für besonders wichtige Punkte der Holzverbände benutzt. Geschnittene Nägel werden maschinell gewonnen und aus Blech in Keilform kalt geschnitten und durch „Andrücken" des Kopfes vollendet; die Spitze ist eine keilförmig verlaufende Schneide. Die Längs-Abmessungen betragen 7—13 cm, können aber auch erheblich länger gewählt werden (bis 500 mm). Verwendung zum Nageln von Brettern, Latten und Bohlen.

Drahtnägel (-stifte) von 0,6—24 cm Länge werden aus hartgezogenem, nicht ausgeglühtem Rund- und Viereckdraht auf besonderen, sehr leistungsfähigen Maschinen geschnitten, die zugleich den Kopf herstellen, den Stift gerade richten und eine Spitze an ihn anschneiden.

c) Drahtseile.

Schmiedeeisen- und Stahldraht werden, wie auf S. 476 u. 477 hervorgehoben wurde, auf äußerst schnell laufenden Walzen bis zu 3 mm Durchmesser, alsdann unter Verwendung der „Drahtleiter" hergestellt. Das Gewicht dieser Drähte beträgt für je 1000 m Draht bei einem

Durchmesser in mm . . .		0,2	0,25	0,34	0,4	0,5	1,0	1,4	2,0	2,5
kg	Schmiedeeisen	0,24	0,41	0,70	0,96	1,50	6,01	11,78	24,03	37,55
	Stahl	0,25	0,42	0,72	1,00	1,56	6,25	12,25	25,00	39,05

Durchmesser in mm . . .		3,4	4,6	5,0	6,0	7,0	8,2	9,4	10,0
kg	Schmiedeeisen	69,46	127,1	150,2	216,3	294,4	404,0	530,9	600,8
	Stahl	72,13	132,2	156,2	225,0	306,2	420,2	552,1	624,9

Zurzeit wird fast ausschließlich zu Förderseilen Gußstahldraht verwendet, und zwar von 1—3 mm Dicke, und zwar von einer Elastizitätsgrenze von 6—7,5 t/qcm. Die Proportionalitätsgrenze ist unsicher und kann zu rd. 0,4—0,5 der Zugfestigkeit angenommen werden.

Drahtseile werden aus einzelnen Litzen mit geradem, weichem Herzdrahte oder einer Hanfseele hergestellt. Die Litzen werden in der, ihrer eigenen Windung entgegengesetzten Drehrichtung zum Kabel verbunden, um letzteres möglichst elastisch zu erhalten.

(Folgt Tabelle S. 525.)

Eine besondere Art der Drahtseile bilden die **Brückenkabel**, welche als Spiralkabel fertig geliefert, als Parallelkabel an Ort und Stelle gespannt und hergestellt werden.

Abb. 97.

Spiralseile — Abb. 97 — sind sehr biegsam, besonders wenn die aufeinander folgenden Drahtlagen abwechselnd in verschiedenem Richtungssinne zusammengeflochten sind; sie führen aldann die Bezeichnung Kreuzschlagkabel. Eine besondere Art von ihnen stellen die von Felten & Guilleaume eingeführten, patentverschlossenen Seile dar,

Stärke und Tragfähigkeit der Drahtseile.

(Nach Versuchen mit Seilen von Felten & Guilleaume in Mülheim a. Rhein.)

Runde Drahtseile				Flache Drahtseile					Kabelartige Drahtseile				
Durchmesser	Gewicht für 1 m	Bruchbelastung[1]) 8–10mal zuläss. Bel.		Breite	Dicke	Gewicht für 1 m	Bruchbelastung		Durchmesser	Eisendraht		Gußstahldraht	
		Eisendraht	Gußstahldraht				Eisendraht	Gußstahldraht		Gewicht für 1 m	Bruchbelastung	Gewicht für 1 m	Bruchbelastung
mm	kg	kg	kg	mm	mm	kg	kg	kg	mm	kg	kg	kg	kg
7	0,15	850	1 800	34	8	0,80	4 200	9 200	26	2,0	8 000	2,0	24 000
9	0,22	1 250	2 700	38	9	0,95	5 000	11 000	30	2,4	10 000	2,4	29 000
10	0,26	1 450	3 200	45	8	1,05	5 600	12 300	35	3,0	12 000	3,0	36 000
11	0,31	1 700	3 700	51	10	1,25	6 700	14 700	40	4,0	15 000	4,0	45 000
12	0,40	2 200	4 900	60	11	1,80	9 900	21 700	45	5,2	21 000	4,8	54 000
13	0,46	2 600	5 700	68	13	2,20	11 900	26 100	50	7,4	30 000	6,2	68 600
14	0,52	3 100	6 700	80	15	2,95	16 300	35 500	57	8,8	37 000	7,5	81 000
15	0,70	4 000	8 700	85	16	3,45	19 000	41 400	65	11,0	43 000	9,0	95 000
16	0,80	4 400	9 600	90	17	3,85	21 100	46 300	70	13,7	58 000	11,1	111 000
17	0,86	4 700	10 100	97	18	4,50	24 600	54 000	80	17,0	67 000	13,2	130 000
18	1,00	5 400	11 800	102	19	5,10	26 900	58 500					
19	1,10	6 200	13 600	109	20	5,70	31 300	68 300					
21	1,30	7 200	15 800	124	22	6,80	35 800	78 000					
23	1,60	8 800	19 100	142	22	7,50	41 500	90 500					
25	1,85	9 700	21 100	151	24	9,00	48 400	105 500					
27	2,30	13 400	29 300	173	26	10,50	55 300	120 600					
30	2,85	16 600	36 200	187	27	12,10	62 300	135 700					
33	3,45	20 000	44 000	208	29	13,80	69 200	150 800					
35	4,40	24 600	54 000										
37	4,45	26 000	56 500										
41	5,55	31 500	63 500										
44	6,05	34 000	74 000										
47	6,85	40 000	87 000										
51	8,25	48 000	105 000										
54	9,30	52 000	114 000										
59	11,15	63 000	137 000										

[1]) Bruchbelastung durchschnittlich:

Für Seile aus Eisendraht 2000—2500 kg/qcm
„ „ „ Gußstahldraht 4000—5000 „

Zulässige Belastung durchschnittlich:

Für Förderseile aus Eisendraht 200 „
„ „ „ Gußstahldraht 400 „
„ Kabelseile „ Eisendraht 350 „

Bei Förderdrahtseilen nimmt man die Bruttolast einschließlich des Gewichtes der im Schachte hängenden Seillängen zu 1/8 bis 1/10, bei Kabelseilen die zu hebende Last einschließlich des Seilgewichtes zu 1/5 bis 1/6 der Belastung an.

bei denen die einzelnen Drähte, anfangend von dem mit meist sternförmigem Querschnitte versehenen Herzdraht, besondere Profile aufweisen, um den Kabelquerschnitt vollkommen metallisch zu erhalten — Abb. 98; zudem werden die kleinen, zwischen den einzelnen Drähten und Drahtlagen verbleibenden Hohlräume während der Kabelherstellung zum Rostschutze mit Mennige ausgefüllt.

Abb. 98.

Die Zugfestigkeit der Drähte wird durch ihre Vereinigung in Seile infolge der meist durch Schweißung oder Lötung bedingten Stoßverbindung und infolge der Ablenkung von der geraden Richtung durch die Spiralwindungen ein wenig verringert; jedoch ist namentlich bei starken Kabeln und den patentverschlossenen Ausführungen dieser Festigkeitsherabgang durchaus unerheblich.

Bei den Parallelkabeln wird jeder Litzendraht des Kabels auf der Baustelle zwischen seiner künftigen Verankerungsstelle nach Lage, Länge und Durchhang in freier Luft geregelt und später mit einer Anzahl ebenso behandelter Drähte zu einer Parallel-Litze gebündelt. Endlich werden durch dies „Luftspinnverfahren" alle einzelnen Litzen zum Kabel vereinigt, ein Arbeitsvorgang, der bei den großen Kabelbrücken Amerikas sich ausgebildet und bewährt hat. —

d) Gußeiserne Gebrauchsgegenstände.

Neben den vielseitig zu gestaltenden gußeisernen Säulen, Auflagerplatten, einfachen Konsolen, Abschlußgittern, Fensterrahmen, eisernen Dachziegeln, Ornamenten, Bestandteilen von Wendeltreppen, Kandelabern, Öfen und Ofenteilen usw., kommen als Gebrauchsgegenstände, für die **Normalien** bestehen, nur **gußeiserne Rohre** mit ihren Formstücken in Frage, und zwar gußeiserne Muffen- und Flanschenrohre[1]). Die normalen in den nachfolgenden Zusammenstellungen angegebenen Wandstärken beziehen sich vorwiegend auf Wasserleitungsrohre mit einem Betriebsdrucke von 10 Atm. und einem doppelt so hohen Probedrucke; für die meist vorkommenden Druckverhältnisse (4—7 Atm.) kann demgemäß eine Verringerung der Wandstärke eintreten, wie andererseits eine Erhöhung dieser bei Verwendung der Rohre zu betonders stark beanspruchten Leitungen notwendig ist. — Die Änderungen der Wandstärke können sich nur auf den inneren Durchmesser erstrecken, der äußere ist feststehend. Gewichtsabweichungen bei geraden Rohren um ± 3% sind nicht zu beanstanden. Die Baulänge ist bei den einzelnen Firmen verschieden, entspricht also nicht immer der Normalie. Im übrigen sei auf die nachstehende Tabelle verwiesen.

[1]) Die Normalien sind 1882 aufgestellt vom Verein Deutscher Ingenieure und dem Verein Deutscher Gas- und Wasserfachmänner.

a) Muffenrohre						b) Flanschenrohre						
Lichter Durchm. des Rohres D	Normal-Wandstärke	Übliche Nutzlänge L	Gewicht einer Muffe	Gewicht eines Rohres von vorstehender Nutzlänge	Gewicht von 1 m Rohr bei vorstehender Nutzlänge	Durchmesser d. Flansches D'	Dicke des Flansches d	Gewicht eines Flansches nebst Anschluß	Übliche Baulänge	Gewicht eines Rohres bei vorstehender Baulänge	Gewicht für 1 lfd. m Rohr bei vorstehender Baulänge	Lichter Durchmesser D
mm	mm	m	kg	kg	kg	mm	mm	kg	m	kg	kg	mm
40	8	2	2,68	20,18	10,09	140	18	1,89	2	21,28	10,64	40
50	8	2	3,14	24,28	12,14	160	18	2,41	2	25,96	12,98	50
60	8,5	2	3,89	30,41	15,21	175	19	2,96	2	32,44	16,22	60
70	8,5	3	4,35	49,95	16,65	185	19	3,21	3	52,02	17,34	70
80	9	3	5,09	59,81	19,94	200	20	3,84	3	62,40	20,80	80
90	9	3	5,70	66,57	22,19	215	20	4,37	3	69,61	23,20	90
100	9	3	6,20	73,22	24,41	**230**	20	4,96	3	76,94	25,65	**100**
125	9,5	3	7,64	94,94	31,65	260	21	6,26	3	99,82	33,27	125
150	10	3	9,89	119,21	39,74	290	22	7,69	3	124,70	41,57	150
175	10,5	3	12,00	145,08	48,36	320	22	8,96	3	151,00	50,33	175
200	11	3	14,41	172,99	57,66	**350**	23	10,71	3	180,00	60,00	**200**
225	11,5	4	16,89	262,71	67,57	370	23	11,02	3	207,89	69,30	225
250	12	4	19,61	306,05	76,51	400	24	12,98	3	240,79	80,26	250
275	12,5	4	22,51	349,91	87,48	425	25	14,41	3	274,37	91,46	275
300	13	4	25,78	396,50	99,13	**450**	25	15,32	3	308,68	102,89	**300**
325	13,5	4	28,83	445,15	111,29	490	26	19,48	3	351,20	117,07	325
350	14	4	32,23	496,51	124,13	520	26	21,29	3	390,79	130,26	350
375	14	4	34,27	530,43	132,61	550	27	24,29	3	420,70	140,23	375
400	14,5	4	39,15	586,71	146,68	**575**	27	25,44	3	461,55	153,85	**400**
425	14,5	4	41,26	621,82	155,46	600	28	27,64	3	490,73	163,58	425
450	15	4	44,90	680,38	170,10	630	28	29,89	3	536,39	178,80	450
475	15,5	4	48,97	741,65	185,51	655	29	32,41	3	584,33	194,78	475
500	16	4	54,58	806,64	201,66	**680**	30	34,69	3	633,50	211,17	**500**
550	16,5	4	62,34	913,04	228,49	740	33	44,28	3	727,26	242,42	550
600	17	4	71,15	1026,75	256,69	790	33	47,41	3	811,52	270,51	600
650	18	4	83,10	1178,54	294,64	840	33	50,13	3	921,84	307,28	650
700	19	4	98,04	1342,64	335,66	900	33	56,50	3	1046,45	348,82	700
750	20	4	111,29	1514,33	378,58	950	33	59,81	3	1171,90	390,63	750
800	21	4	129,27	1700,03	425,01							
900	22,5	4	160,17	2151,21	512,80							
1000	24	4	195,99	2435,03	608,76							
1100	26	4	243,76	2911,00	727,75							
1200	28	4	294,50	3427,10	826,78							

Neben den geraden Rohren sind auch Formstücke — vgl. die Abb. 99—110 — eingeführt.

a) Für gußeiserne Muffenrohre. Hier kommen in Frage:

A- und B-Stücke (Abb. 99 und 100) mit geraden seitlichen Abzweigungen, mit Flanschen- und Muffenabschluß; auch in Form von A A- bzw. B B-Rohren mit zwei gegenüberliegendem Abzweigungen erhältlich.

C-Stücke mit einer oder zwei (C C-Stück) Abzweigungen unter 45° nach oben (Abb. 101).

E-Stücke für den Übergang vom Flansch- zum Muffenrohre (Abb. 102).

F-Stücke für den Übergang vom Muffen- zum Flanschenrohre (Abb. 103).

J-Stück, gerades Muffenrohr mit abgebogenem Ende ($\sphericalangle$ 22½, 30, 45, 60 und 90°) (Abb. 104).

L-Stücke, Krümmer mit R = 5 D; ähnlich K-Stück mit R = 10 D (Abb. 105).

R-Stücke, Übergangsrohr (Abb. 106).

Ü-Stücke — Überschieber zur Zusammenfassung zweier gerader, glatt endigender Rohrenden (Abb. 107).

Abb. 99.

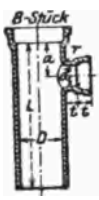


Abb. 100.

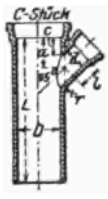


Abb. 101.

Abb. 102 u. 103.

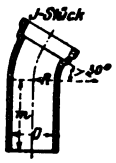


Abb. 104.

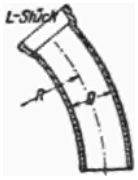


Abb. 105.

Abb. 106.

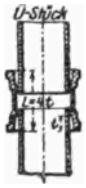


Abb. 107.

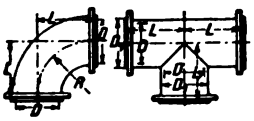


Abb. 108.

Abb. 109.

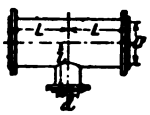


Abb. 110.

b) Flanschenformstücke. Hier sind zu nennen, Abb. 108—110, Krümmerrohre (Fig. 108), unter 90° Winkel gebogen, und gerade Abzweigungen (Abb. 109 und 110) mit gleichem und verschiedenem Durchmesser, erstere Form auch mit zwei gegenüberliegenden, gleichartigen Abzweigungen.

Bei der Berechnung der Gewichte von Formstücken ist dem normalen Gewichte ein Zuschlag von 15—20% (letzterer bei Krümmern) zuzufügen.

Die Bezeichnung der Formstücke erfolgt in der Weise, daß der Buchstabenbezeichnung der lichte Durchmesser zugefügt wird; handelt es sich um Abzweigungen, so wird deren Durchmesser unter einem Bruchstriche hinzugesetzt, z. B. $\left(\text{A}\ \frac{400}{200}\right)$. Bei hohem Druck ist die Wandstärke der Leitung aus der Beziehung:

$$r_1 = r\sqrt{\frac{\sigma_z + 0{,}4\ p}{\sigma_z - 1{,}3\ p}}$$

abzuleiten, worin r_1 den äußeren, r den inneren Durchmesser, σ_z die zulässige Zugspannung des Materials in kg/qcm, p den inneren Überdruck in der gleichen Maßeinheit darstellt; bei stehend gegossenen Rohren ist die ermittelte Wandstärke um etwa 0,7, bei liegend erzeugten Rohren um 1—1,2 cm zu erhöhen. Ein Rostschutz wird durch Asphaltierung der geputzten und auf etwa 100—150° erhitzten Rohre bewirkt. Als Dichtungsmittel gelangt bei Gas- und Wasserleitungsmuffenrohren ein geteerter Hanfstrick und Bleieinguß mit nachträglichem Verstemmen zur Anwendung, während bei

Flanschenrohren Ringe von Gummi, Asbest oder Mennigepappe, auch von Blei in Frage kommen.

Der Grundpreis für 100 kg Muffenrohre im Werk kann i. M. zu rd. 14 M., für Flanschenrohre, die eine besondere Bearbeitung verlangen, zu 16 M. gerechnet werden.

§ 86. Die Prüfung und Gütebestimmung des Eisens.

Allgemein sei bemerkt, daß, wie schon im Kapitel XXIV ausführlich hervorgehoben wurde, die besonderen Beimengungen des Eisens dessen Festigkeits- und Elastizitätsverhältnisse in hohem Maße beeinflussen. Mit zunehmendem Kohlenstoffgehalte nimmt die Zugfestigkeit des Eisens ab, Phosphor macht schmiedbares Eisen kaltbrüchig und spröde, Schwefel vermindert seine Festigkeit allgemein und macht es rotbrüchig usw. Über die in der baulichen Praxis für Konstruktionseisen eingeführten Elastizitäts- und Festigkeitszahlen, sowie die zulässigen Beanspruchungen und einige allgemeinere Verhältnisse gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft.

Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse. Einheit: kg/qcm.

Eisenart	Gußeisen	Schweißeisen	Flußeisen	Flußstahl
Elastizitätsmaß	1 000 000	2 000 000	2 150 000—2 200 000	2 200 000
Elastizitätsgrenze	660 bei Zug, 1500—1900 bei Druck	1300—1700	2000—2400	2400
Gleitmaß	290 000—400 000	770 000	830 000	850 000
Proportionalitätsgrenze	—	1300	1800	2200
Streck- u. Quetsch-Grenze	—	> 1800 (2200—2800)	> 2000 (2500—3000)	> 2800
Dehnung		> 10—12 % (—20 %) Blech > 7 %	> 15 % (—25 %) Blech > 18 %	> 10 % (—22 %)
Zugfestigkeit [1]	1200—1800	3300—4000	3700—4500	4500—8000
Druckfestigkeit	7000—8500	> 2200	> 2500 (—3800)	> 2800 bei weichem, > 4500 bei hartem Material
Schubfestigkeit	1000—1100	> 2000	> 3200	> 4000
Zulässige Beanspruchung auf Zug	250	800—1000	1000—1200 (1400) [2]	1200
Zulässige Beanspruchung auf Druck	500—800	750—1000		
Zulässige Beanspruchung auf Schub	200	600—800	800—1000 [3]	1000
Längenausdehnung b. 1° C	0,0000111—0,0000106	0,0000124—0,0000118	0,0000121 = 1/825	0,0000108—0,0000124 je nach der Weiche od. Härte
Schwindmaß	1/96	1/55—1/72 je nach der geringeren oder innigeren Kornfeinheit		1/64—1/72
Kohlenstoffgehalt	> 2,3 %	0,1 – 0,5 %	0,05—0,25 %	0,5—2,3 %
Schmelztemperatur	weiß: 1100—1200° C, grau: 1200—1300° C	1500—1600° C	1360—1450° C	1300—1400° C (1800)
Einheitsgewicht cbm	7250	7800	7850	7860 kg

[1]) Zugfestigkeit des Gußstahldrahtes 8000—20 000 kg/qcm, des nicht geglühten Schmiedeeisendrahtes 5500—6500 kg/qcm.

[2]) Bei Dachkonstruktionen und Auftreten der Maximalspannkraft beim Zusammentreffen aller möglichen Belastungen sogar bis 1600 kg/qcm.

[3]) Nietbeanspruchung auf Abscherung 1000 kg/qcm, auf Lochleibungsdruck 2000 kg/qcm; Zugfestigkeit 3600—4200 kg/qcm; Dehnung > 22 %.

Die erforderliche Beschaffenheit des zu baulicher Verwendung kommenden Eisens ist in Deutschland im allgemeinen festgelegt durch die Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Vereine deutscher Eisenhüttenleute vom Jahre 1901, und durch die Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau[1]); vergl. hierzu auch die auf S. 539 u. flg. abgedruckten, diesen Bestimmungen angepaßten preußischen Vertragsbedingungen usw. —

A. Bauwerkseisen.

a) Bauwerk-Schweißeisen.

Den Bestimmungen gemäß soll Schweißeisen dicht, gut stauch- und schweißbar, nicht kalt- oder rotbrüchig, noch langrissig sein, eine glatte Oberfläche besitzen und weder Kantenrisse noch offene Schweißnähte oder sonstige unganze Stellen aufweisen.

Von je 100 Stück können 3 Proben, und zwar nach Möglichkeit aus den Abfallenden, entnommen werden. Wenn sie den gestellten Anforderungen genügen, so gelten diese 100 Stück als abgenommen; genügt eine dieser 3 Proben nicht, so dürfen dafür aus der betreffenden Materialmenge zwei neue entnommen werden; entspricht eine von diesen wiederum den Anforderungen nicht, so kann das Material verworfen werden.

I. Für die Beurteilung sind in erster Linie Dehnungs- und Zerreißproben maßgebend. Die Dehnung ist auf eine Länge von 200 mm bei 300—500 qmm Querschnitt[2]) zu messen. Die geforderten Festigkeiten sind aus der nachfolgenden Zusammenstellung zu entnehmen.

[1]) Diese Bestimmungen sind in ihren wesentlichsten Punkten in Deutschland anerkannt; sie stellen einen weiteren Ausbau der im Jahre 1893 im Einverständnisse mit dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Vereine deutscher Ingenieure und dem Vereine deutscher Eisenhüttenleute erlassenen Bestimmungen dar, der sogenannten Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau. Die vorgenannten Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl vom Jahre 1901 enthalten:

I. Allgemeine Bestimmungen über das Prüfungsverfahren, die Art der Proben (mit ungeteilten Gebrauchsstücken, mit abgetrennten Stücken, Kalt- und Warmproben), über die Wahl der Probestücke, die Herstellung der Probestreifen, die satzweise Prüfung, Ersatzproben, Zerreißmaschinen, Abnahme.

II. Flußeisen und Flußstahl.
- A. Eisenbahnmaterial.
- B. Bauwerksflußeisen.
- C. Bleche.
- D. Draht.

III. Schweißeisen.
IV. Stahlformguß.
V. Gußeisen.

In der obigen Zusammenstellung ist diese Reihenfolge geändert, indem zunächst das wichtigere Bauwerkseisen vorangestellt wurde.

[2]) Nach den Normalbestimmungen soll bei Rundeisen von weniger als 20 mm Durchmesser die Versuchslänge gleich dem zehnfachen Durchmesser sein. Über letztere hinaus sollen alle Probestücke nach beiden Seiten noch auf je 10 mm Länge den gleichen Querschnitt haben.

1. Flacheisen, Profileisen und Bleche, welche im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden.

Stärke δ	Zugfestigkeit in der Längsrichtung	Dehnung bis zum Bruche [1])
$\leqq$ 10 mm	36 kg/qmm	12 %
10—15 mm	35 kg/qmm	
15—25 mm	34 kg/qmm	

2. Bleche mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben (z. B. Stehbleche der Blechbalken [2]).

Beanspruchung	Zugfestigkeit	Dehnung bis zum Bruche
in der Längrichtung	35 kg/qmm	10 %
in der Querrichtung	28 kg/qmm	3 %

3. Bleche ohne ausgesprochene Längsrichtung und durch Kräfte in mehreren Richtungen beansprucht (z. B. Knotenbleche) [2]).

Beanspruchung	Zugfestigkeit	Dehnung bis zum Bruche
in der Hauptwalzrichtung	35 kg/qmm	10 %
in der Querrichtung	30 kg/qmm	4 %

4. Behälterbleche.

Beanspruchung	Qualität I		Qualität II	
	Zugfestigkeit	Dehnung bis zum Bruche	Zugfestigkeit	Dehnung bis zum Bruche
längs der Faser	35 kg/qmm	7 %	31,5 kg/qmm	5 %
quer zur Faser	28,5 kg/qmm	5 %	27,5 kg/qmm	3 %

[1]) Unter der Dehnung eines Probestabes versteht man das Verhältnis seiner Verlängerung beim Zerreißversuche zu seiner ursprünglichen Länge. Ist also z. B. ein Stab 20 cm lang und beträgt seine Verlängerung 3 cm, so ist seine Dehnung: $\frac{23-20}{20} = \frac{3}{20} = 15\,\%$.

Auch dient die Kontraktion (d. i. das Verhältnis des Bruchquerschnittes zum Anfangsquerschnitte), welche der Stab beim Zerreißen erfährt, vielfach als Maß für die Zähigkeit des Materials. Die Frage, ob durch die Berücksichtigung der Dehnung oder der Kontraktion die sichersten Resultate zu erreichen sind, muß als noch offen bezeichnet werden; zurzeit wird der Beurteilung aus der Dehnung der Vorzug gegeben.

[2]) Den Normal-Bedingungen — vergl. Anm. 1 auf S. 530 — entnommen.

5. Eisen für Niete, Schrauben u. dergl.

α) bis zum Durchmesser von 25 mm, Zugfestigkeit in der Längsrichtung 38 kg/qmm, Dehnung bis zum Bruche 18%;

β) von mehr als 25 bis einschließlich 40 mm Durchmesser, Zugfestigkeit 36 kg/qmm, Dehnung 15%.

6. Zores-Eisen.

Zugfestigkeit 33 kg/qmm, Dehnung 6%.

II. Weiter sind vorgeschrieben für Bleche und Stabeisen: Biegeproben und Ausbreitproben, für Nieteisen: Biege- und Stauchproben[1]). Die Biegeproben erfordern, daß Längsstreifen über eine Rundung von 13 mm Halbmesser winkelförmig gebogen werden können, ohne daß sich an der Biegestelle ein Bruch im Eisen zeigt, und daß ferner der Biegewinkel, d. i. der Winkel, den ein Schenkel bei der Biegung durchläuft, betragen soll:

a) für Biegung im kalten Zustande

bei Eisenstärken von	$\alpha =$
8—11 mm	50°
12—15 mm	35°
16—20 mm	25°
21—25 mm	15°

b) für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande

bei Eisenstärken von	$\alpha =$
bis 25 mm	120°
über 25 mm	90°

Bezüglich der Ausbreitproben ist vorgeschrieben, daß ein auf kaltem Wege abgetrennter 30—50 mm breiter, rotwarmer Streifen mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das $1^1/_2$fache seiner Breite ausgebreitet werden kann, ohne daß sich Spuren einer Trennung im Eisen zeigen.

Für Nieteisen wird verlangt, daß dieses in kaltem Zustande sich ohne Rissebildung zu einer Schleife zusammenbiegen lassen soll mit einem lichten Durchmesser gleich dem Radius des Rundeisens und daß ferner ein Stück Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, in — der Verwendung entsprechendem — warmem Zustande bis auf $^1/_3$ der Länge, ohne zu reißen, zusammengestaucht werden kann.

b) Bauwerk-Flußeisen.

Ist eine satzweise Prüfung vereinbart[1]), so muß jedes dem Abnahmebeamten vorgelegte Stück die betreffende Satznummer tragen; aus jedem Satze dürfen 3 Stück, höchstens jedoch von je 20 Stück 1 Stück zur Prüfung entnommen werden.

War eine satzweise Prüfung nicht ausbedungen, so können von je 100 Stück 5, höchstens jedoch von je 2000 kg desselben Walzprofiles 1 Stück entnommen werden.

In beiden Fällen sind zu den Proben möglichst Abfallenden zu verwenden. Entsprechen alle Proben den gestellten Vorschriften, so gilt das zugehörende Material als abgenommen. Für jede nicht genügende Probe dürfen aus der betreffenden Eisenmenge zwei neue Proben entnommen werden; versagt wiederum eine dieser, so kann das Material verworfen werden.

[1]) Den Normal-Bedingungen entnommen, vergl. Anm. 1 auf S. 530.

I. Für das Material, das eine glatte Oberfläche ohne Schieferung und Blasen zeigen muß und weder Kantenrisse noch unganze Stellen besitzen darf, gelten für die anzustellenden **Zerreißproben** die nachstehenden Zahlen und zwar:

α) für ein Stab-Material von 7—28 mm Dicke und von mindestens 300 qmm Querschnitt der Probe[1]).

1. In der Längsrichtung soll betragen:
   Die Zugfestigkeit mindestens 37, höchstens 44 kg/qmm, die Dehnung mindestens 20%.
2. In der Querrichtung:
   Die Zugfestigkeit 36—45 kg/qmm, die Dehnung mindestens 17%.

β) Bei Stab-Material von 4 bis unter 7 mm Dicke und mindestens 200 qmm Querschnitt der Probe und einer entsprechenden[1]) Versuchslänge:

1. In der Längsrichtung:
   Die Zugfestigkeit 37—46 kg/qmm, die Dehnung mindestens 18%.
2. In der Querrichtung:
   Die Zugfestigkeit 36—47 kg/qmm, die Dehnung mindestens 15%.

γ) Bei Niet- und Schraubenmaterial:
   Die Zugfestigkeit 36—42 kg/qmm, die Dehnung mindestens 22%.

Zu Nieten und Schrauben findet also ein weiches, sehr dehnbares Material Verwendung.

II. Für Flacheisen und Formeisen sind ferner **Biegeproben und Rotbruchproben** vorgeschrieben. Bei ersteren wird gefordert, daß sowohl Längs- als auch Querstreifen, kirschrotwarm gemacht und darauf in Wasser von 28° abgeschreckt, so zusammengebogen werden können, daß sie eine Schleife bilden, deren Durchmesser an der Biegestelle gleich ist: bei Längsstreifen der einfachen, bei Querstreifen der doppelten Dicke des Versuchsstückes. Hierbei dürfen beim Längsstreifen keine, beim Querstreifen höchstens unwesentliche Oberflächenrisse entstehen.

Die Rotbruchprobe bestimmt, daß ein etwa 40 mm breiter und 6 mm dicker, rotwarmer Probestreifen mit einem konischen Lochstempel von 80 mm Länge und 20 zu 30 mm Durchmesser gelocht werden kann, ohne daß — im besonderen bei der Erweiterung des Loches — sich Einrisse bilden.

III. Die beim Niet- und Schraubenmaterial vorgeschriebenen Biegeproben verlangen, daß die hellrotwarm gemachten und alsdann in Wasser von 28° abgeschreckten Rundeisenstäbe so zusammengebogen werden, daß sie eine Schleife bilden, deren Durchmesser an der Biegestelle gleich der halben Dicke des Versuchsstückes ist; hierbei dürfen keine Risse entstehen. Die Stauchprobe stellt die gleichen Anforderungen, wie sie unter a) II. für Schweißeisen mitgeteilt sind.

IV. Flußeisen-Bleche. Man unterscheidet — wie schon auf S. 477 hervorgehoben — Feinbleche in Dicken von unter 5 mm und Grobbleche von größerer Stärke, bezüglich der Verwendung und Qualität: Behälterbleche, Konstruktionsbleche[2]) usf.

Alle Bleche sollen glatte Oberflächen, ohne eingewalzte Schlacken und sonstige Verunreinigungen zeigen; auch dürfen weder Blasen noch Risse oder sonstige unganze Stellen vorhanden sein. Zur Erkennung der Brauchbarkeit der aus Flußeisen gefertigten Bleche sind folgende Proben auszuführen:

---

[1]) Beträgt der Querschnitt (F) weniger als 300 qmm, so kann die Versuchslänge (l) nach der Formel $l = 11{,}3\sqrt{F}$ bestimmt werden.

[2]) Die anderen Blecharten haben für die vorliegende Bearbeitung kein Interesse.

1. Zerreiß- und Dehnungsproben. 2. Härtungsbiegeproben. 3. Schmiedeproben. 4. Lochproben.

1. Zerreiß- und Dehnungsproben.

Konstruktionsbleche	Blechstärke 5—7,9 mm			8—28 mm			über 28 mm		
	Zugfestigkeit	Dehnung	Gütezahl > Mindest-Summe aus beiden	Zugfestigkeit	Dehnung	Gütezahl > Mindest-Summe aus beiden	Zugfestigkeit	Dehnung	Gütezahl > Mindest-Summe aus beiden
	36—43 kg/qmm	18 %	57	35—42 kg/qmm	20 %	58	34—41 kg/qmm	22 %	59

Durch die Einführung der in der Zusammenstellung mitgeteilten „**Gütezahl**“ wird verhindert, daß ein Blech abgenommen zu werden braucht, welches zu gleicher Zeit die Mindestfestigkeit mit der geringsten Dehnung vereinigt; die Gütezahl tritt mithin — daher ihr Name — für eine besondere Güte des Materials ein.

2. Bei der Härtungsbiegeprobe werden die Streifen, längs oder quer zur Walzrichtung, gleichmäßig bis zu dunkelkirschroter Färbung erwärmt und in Wasser von 28° abgekühlt; sie werden alsdann um einen Dorn gebogen, dessen Dicke beim Behälterbleche der dreifachen, beim Konstruktionsbleche der zweifachen Dicke des Bleches entspricht, zum mindesten aber 25 mm Durchmesser zeigen soll.

Der Biegewinkel, also der Winkel, welchen der abgebogene Schenkel des Probestabes durcheilt, soll für alle Bleche 180° betragen. Der Blechstreifen gilt als gebrochen, wenn sich auf der konvexen Seite in der Mitte der Biegestelle ein deutlicher Bruch im metallischen Eisen zeigt.

3. Die Schmiedeprobe verlangt, daß ein 50—60 mm breiter Blechstreifen in rotwarmem Zustande zum mindesten bis auf das $1\frac{1}{2}$fache seiner Breite ausgeschmiedet werden kann, ohne Kanten- oder Flächenrisse zu erhalten.

4. Die Lochprobe schließlich schreibt vor, daß Bleche, welche in rotwarmem Zustande und in einer Entfernung vom Rande gleich der halben Blechdicke mit einem Lochstempel gelocht werden, hierbei (vom Loche nach der Kante zu) nicht aufreißen dürfen. Diese Probe ist deshalb von besonderem Werte, weil Flußmetall beim Stanzen leicht Haarrisse bekommt.

c) Flußstahl.

Die aus Flußstahl hergestellten, gegossenen oder geschmiedeten Teile sollen eine Festigkeit von 45—60 kg/qmm und eine Dehnung von wenigstens 10 % aufweisen[1]).

Die Probestäbe sind — falls möglich — bei Gußstücken unmittelbar an diese anzugießen und alsdann nach dem Ausglühen auf kaltem Wege abzutrennen oder besonders zu gießen.

Die Gewichtsabweichung darf je nach Konstruktion, Form und Gewicht + 10 bis 20 %, die Zugabe für Bearbeitung 5—20 mm betragen; das Übermaß ist in der Regel nicht unter 5 mm anzunehmen.

[1]) Bestimmung der Normalbedingungen. Die neuen Vorschriften des Vereins deutscher Eisenhüttenleute verlangen, daß die Zugfestigkeit im allgemeinen je nach dem Verwendungszwecke der Stücke, beim Stahlformguß 36—60 kg/qmm bei einer Mindestdehnung von 20—8 % (auf 200 mm gemessen) betragen soll.

d) Gußwaren aus Roheisen[1]).

Für aus grauem, weichem Roheisen hergestellte Gußwaren ist, wenn nicht ausdrücklich Hartguß oder dergl. verlangt ist, eine Zugfestigkeit von zum mindesten 12 kg/qmm vorgeschrieben. Die Zähigkeit des Materials soll eine solche sein, daß ein gegen eine rechtwinkelige Kante des Gußstückes mit einem Hammer geführter Schlag einen Eindruck hinterläßt, ohne jedoch die Kante zum Abspringen zu bringen.

Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 30 mm Seitenlänge, auf zwei 1 m voneinander entfernt liegenden Stützen ruhend, muß eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht; es entspricht dies einer Biegungsfestigkeit von 25 kg/qmm.

Der Unterschied in den Wanddicken eines Säulen-Querschnittes, dessen vorgeschriebener Flächeninhalt zum mindesten innegehalten sein muß, darf bei Säulen bis zu 400 mm äußerem Durchmesser und 4 m Länge, die Größe von 5 mm nicht überschreiten; bei Säulen von größerem Durchmesser und größerer Länge darf der zulässige Unterschied für je 100 mm Mehrdurchmesser und für jedes Meter Mehrlänge um je $^1/_8$ mm zunehmen. — Es soll jedoch in keinem Falle die Wandstärke weniger als 10 mm betragen.

Sollen Säulen aufrecht stehend gegossen werden, so unterliegt dies besonderer Vereinbarung.

Für gußeiserne Muffen- und Flanschenrohre ist die auf S. 527 gegebene Normal-Tabelle maßgebend.

Für Dampfrohrleitungen, welche Ausdehnungen und Zusammenziehungen durch Warm- und Kaltwerden ausgesetzt sind, empfehlen sich größere Wandstärken, wie in der Tabelle angegeben, ebenso in allen Fällen, in denen Stöße und Erschütterungen vorkommen können. Hierbei ist der äußere Durchmesser des Rohres als feststehend zu betrachten, eine Änderung der Wandstärke somit durch Änderung des lichten Innenraumes zu erzielen.

Gewichtsabweichungen sind bei Normalrohren bis zu $\pm$ 5% gestattet. Bei Berechnung der Gewichte von Formstücken ist das Gewicht, welches sich aus den normalen Abmessungen bzw. Wandstärken berechnet, um 15%, bei Krümmern um 20% zu erhöhen.

Normale gerade Rohre sind senkrecht unter Ausschluß von Kernstützen zu gießen, Formstücke werden dagegen in gewöhnlicher Weise hergestellt.

Da Gußeisenwaren sich leicht formen und gießen lassen, sowie einen verhältnismäßig hohen Druck zu ertragen vermögen, jedoch nur eine geringe Zugfestigkeit besitzen, so werden sie vorwiegend nur für solche Konstruktionsteile Anwendung finden, welche durch einen ruhenden Druck beansprucht sind oder schwer schmiedbare Formen zeigen. Auch beschränkt die geringe Zuverlässigkeit des Gusses, im besonderen

[1]) Vielfach wird auch noch heute Roheisen nach seinem Bruchaussehen bewertet, indem ein grobkristallinisches Aussehen, dunkle Farbe beim Graueisen, die Art des kristallinischen Gefüges beim Weißeisen als Zeichen für gute Zusammensetzung angesehen werden. Wenn es auch richtig ist, daß ein grobkörniges Roheisen i. d. R. graphitreich ist und als solches ein öfteres Umschmelzen verträgt, ferner ein dunkles Graueisen hoch siliziumhaltig sein kann, weiter bei Weißeisen das Gefüge auf die Härte, den Mangangehalt usw. Schlüsse gestattet, so muß doch hervorgehoben werden, daß nicht die Zusammensetzung ausschließlich Farbe und Gefüge bedingt, sondern letztere noch durch ganz andere Einflüsse bedingt sein können.

Deshalb erscheint die Beurteilung des Roheisens nach dem Bruchaussehen als durchaus nicht zuverlässig. Eine geeignete und einwandfreie Bewertung kann hier nur die chemische Untersuchung liefern, an die sich — zur Vervollständigung — einige Schmelz- und Gießversuche anschließen sollen.

die Bildung von Glasblasen im Innern der Gußstücke, das Auftreten innerer Spannungen bei ungleichmäßiger Abkühlung u. dergl. eine Anwendung des Gußmaterials; im besonderen ist es für Träger aller Art, sowie Teile dieser, desgleichen für Stäbe von Fachwerkskonstruktionen usw. nicht zu verwenden. Seine Benutzung beschränkt sich deshalb fast ausschließlich auf Säulen und Auflagerteile, welche vorwiegend auf Druck und durch ruhende Lasten beansprucht werden. Auch kommt hier noch das Verhalten des Gußeisens im Feuer in Frage, vergl. § 89.

e) Draht.

Es ist weder möglich noch zweckdienlich, für alle Drähte aus Flußeisen oder Flußstahl Gütebedingungen festzustellen, weil die Verwendungszwecke und die durch sie bedingten Anforderungen außerordentlich verschieden und wechselnd sind.

Es ist nur verlangt:

α) Für gezogene Stiftdrähte, Zaundrähte u. dergl. ein weder langrissiges noch splitteriges Material; eine Abweichung der Dicke von $\pm$ 2,5 % ist nicht zu beanstanden.

β) Für verzinkten gestählten

Telegraphendraht eine Zerreißfestigkeit . . . . $>$ 40 kg/qmm;

auch soll der Draht auf Torsion durch eine Verwindungsprobe geprüft werden und hierbei bei 15 cm freier Länge und

einem Durchmesser von 6, 5, 4, 3, 2,5, 2, 1,7 mm

eine Anzahl Windungen von 16, 19, 23, 28, 30, 32, 38 aushalten.

Ferner ist eine Biegeprobe durch abwechselndes Biegen nach rechts und links und wieder in die Anfangslage zurück vorgesehen.

γ) Für verzinkten Flußstahl- (Telephon-) Draht ist als Zerreißfestigkeit 130 bis 140 kg/qmm bei einer Bruchdehnung von 5 % verlangt.

f) Endlich seien, als **besondere**, für alle Eisenarten geeignete, wenn auch nicht durch Vereinbarung vorgeschriebene, so doch in der Praxis eingeführte **Prüfungsarten** erwähnt:

a) Die reine Biegeprobe. Ganze Gebrauchsstücke werden auf zwei in gewissem Abstande stehende Auflager gelegt und in der Mitte belastet. Bestimmt wird die vorübergehende — federnde — und die bleibende Durchbiegung und schließlich die Biegungsfestigkeit.

b) Die Schlagprobe. Der Versuchskörper, nachgebildet der unter a) erwähnten Probe, wird durch den Schlag eines schweren, aus bestimmter Höhe herabfallenden Gewichtes in der Mitte beansprucht. Die Größe der Durchbiegung nach dem ersten und den folgenden Schlägen, sowie die Zahl dieser bis zum Bruche, erlauben ein recht gutes Urteil über die Güte des geprüften Materials, namentlich über seine Zähigkeit, Sprödigkeit, Härte usw.

c) Die Brinellsche Kugeldruckprobe. Eine gehärtete Stahlkugel wird durch Druck in den zu prüfenden Gegenstand eingetrieben. Aus der Größe der Vertiefung und der Größe der Kraft wird die „Härtezahl" bestimmt, welche angibt, wieviel Kilogramm von dem auf die Kugel wirkenden Drucke jede Flächeneinheit des geprüften Materials zu tragen vermag.

d) Die metallographische Prüfung — im besonderen die von A. Martens eingeführte und ausgearbeitete Metallmikroskopie, ausgeführt an Schleifflächen mit oder ohne Einwirkung schwacher, das Metallgefüge deutlich hervorhebender Lösungsmittel.

Das Anwendungsgebiet dieses Prüfungsverfahrens ist vorwiegend dort zu suchen, wo es sich um eine höchste Verfeinerung des Materials handelt, also z. B. bei den besten Stahlsorten in der Härtetechnik.

Als unmittelbare Untersuchungsmethode für die Brauchbarkeit des im großen erzeugten Eisens kann die metallographische Prüfung heute noch nicht angesehen werden. Abgesehen von ihrer Umständlichkeit ist auch die Auskunft, die sie erteilt, bis jetzt zu unbestimmt[1]).

B. Eisenbahn-Material.

a) Schienen.

Als Profilabweichungen sind in der Fußbreite ± 1 mm, in der Höhe und den übrigen Abmessungen ± 0,5 mm nicht zu beanstanden. Als Normalgewicht gilt das aus dem Verwiegen von 50 Schienen ermittelte Durchschnittsgewicht.

Abweichungen sind bis + 3% und — 2% zulässig.

Ein Mehrgewicht bis + 6% wird bezahlt.

Bei Längen von 9,00 m sind Abweichungen von ± 2 mm, darüber hinaus von ± 3 mm gestattet; bei der Lage der Lochung können Abweichungen von ± 1 mm zugelassen werden, desgleichen von der senkrechten oder wagrechten Richtung auf 9 m von 3 mm; jedoch können windschief gebogene Schienen schon bei einer Abweichung von ± 1,5 mm verworfen werden.

Für die Prüfung der Schienen soll eine Menge bis zu ½% der gesamten Lieferung zur Verfügung stehen.

Zerreißproben werden an besonders hergerichteten Rundstäben von 25 mm Durchmesser und 200 mm Länge ausgeführt. Die geringste Zugfestigkeit soll 55 kg/qmm betragen; meist werden 60—70 kg/qmm bei 12% Dehnung verlangt; erstere Zahl erhöht sich für Herzstückschienen und Weichenschienen sogar vielfach bis auf 80 kg/qmm.

Für Schlagproben werden Stücke von 1300 mm Länge ohne Löcher und Ausklinkungen verwendet. Die Proben werden an einem geeichten Fallwerk bei 1 m Freilager des Probestückes vorgenommen. Die Arbeitsleistungen sollen betragen bei:

Schienen im Gewichte von	23,8 kg für 1 m und darüber . .	1500 kg
„ „ „ „	20,0 kg bis unter 23,8 kg . . .	1000 „
„ „ „ „	16,0 kg bis unter 20,0 kg . . .	750 „

Die Durchbiegung soll bei Schienen von 134 mm Höhe 100 mm betragen.

Dieselben Bestimmungen gelten auch für Straßenbahnschienen, nur sind hier etwas größere Abweichungen als oben angeführt gestattet.

Ferner kommen oft in Frage:

Druckproben zur Feststellung der Oberflächenhärte, bei denen eine Stahlkugel von 19 mm Durchmesser unter einem Drucke von 50000 kg in den Schienenkopf eingepreßt wird, wobei die Tiefen der Eindrücke zwischen 3,5 und 5,5 mm liegen sollen.

Bei einzelnen Verwaltungen sind weiter noch

Belastungsproben zum Nachweis genügender Elastizität der Schienen eingeführt, die bei 1 m freier Stützweite eine bestimmte Belastung — meist 17—25000 kg — aushalten sollen, ohne eine bleibende Durchbiegung zu zeigen, sowie eine erhöhte Belastung — 30—50000 kg — ertragen müssen, ohne zu brechen oder Risse zu erhalten.

[1]) Vgl. Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, herausgegeb. v. Verein Deutscher Eisenhüttenleute. VI. Aufl. 1907. S. 107/108.

Ätzproben an geglätteten Schienenquerschnitten und mikroskopische Untersuchungen zur Feststellung des inneren Gefüges werden nur ausnahmsweise vorgenommen, auch Prüfungen der chemischen Zusammensetzung des Schienenstahles und Vorschriften über das zulässige Maß der einflußreichsten Beimischungen sind nur teilweise üblich.

In der Regel wird von je 200 Schienen eine den meisten der vorgenannten Proben unterworfen, außerdem aber ist bei der Abnahme noch an jedem Einzelstück eine Prüfung der vorgeschriebenen Abmessungen mittelst Lehren und Stahlbandmaß vorzunehmen und durch eine eingehende Besichtigung festzustellen, daß die Schienen von Walzfehlern — Längsrissen, Blasen, Falten, Verdrehungen usw. — frei sind.

Sämtliche vorgenannte Untersuchungen geben über die eigentliche Verschleißfestigkeit der Schienen keinen unmittelbaren Aufschluß; doch beschäftigt sich zurzeit der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen mit Versuchen, durch Schleifproben vergleichsfähige unmittelbare Ergebnisse nach dieser Richtung zu erhalten. In gleichem Sinne bewegen sich die hüttentechnisch erfolgreichen Versuche, Manganstahl mit Zerreißfestigkeiten von etwa 100 kg/qmm bei ausreichender Dehnung und einer angeblich etwa fünfzehnmal größeren Verschleißfestigkeit, als sie der gewöhnliche Schienenstahl aufweist, für Schienen zu verwenden.

b) Schwellen.

Abweichungen sind gegenüber den vorgeschriebenen Profilen gestattet in der Dicke von $\pm$ 0,5 mm, in Höhe und Breite von $\pm$ 2 mm, in der Länge von $\pm$ 20 mm; auch sind Abweichungen bei Langschwellen in der senkrechten und wagrechten Richtung bis zu 3 mm auf die ganze Länge nicht zu beanstanden, während windschiefe Schwellen mit Verdehnungen von schon $1^1/_2$ mm an verworfen werden können.

Für die Ermittelung des Normalgewichtes und die hierbei zugelassenen Abweichungen gelten die gleichen Bestimmungen wie für Schienen (vgl. S. 537).

Für die Prüfung soll $^1/_5$ % der gesamten Lieferung zur Verfügung stehen. Die Zerreißfestigkeit — an Flachstäben von 200 mm Länge gemessen — soll 38—50 kg/qmm betragen.

Bei der Biegeprobe soll die Schwelle unter einem Dampfhammer zunächst mit leichten Schlägen flach geschlagen und alsdann derartig über dem Rücken zusammengebogen werden, daß der Durchmesser des Kreises an der umgebogenen Stelle höchstens 75 mm beträgt, ohne daß ein Bruch erfolgt.

Ferner sind Bestimmungen gegeben für die Abnahme und Prüfung der Radlenker, des Kleineisenzeuges, der Weichenplatten, der Radreifen und Achsen, — Vorschriften die im besonderen nur für den Eisenbahnbau Interesse haben und deren Mitteilung hier zu weit führen würde; es sei ihretwegen auf die mehrfach erwähnten Vorschriften selbst verwiesen[1]).

c) Vertragsbestimmungen.

Als Beispiel besonderer Vertragsbestimmungen für Herstellung usw. von Eisenkonstruktionen seien die bezl. Vorschriften der preußischen Staatsverwaltung wiedergegeben, gemäß dem Runderlasse vom 25. XI. 1891.

---

[1]) Vgl. die in Anm. [1]) auf S. 530 genannten Vorschriften, Ausgaben 1907 unter II A, 3, 4, 5 und 6. S. 16—21. —

Besondere Vertragsbedingungen für die Anfertigung, Lieferung und Aufstellung von größeren zusammengesetzten Eisenkonstruktionen.

Runderlaß vom 25. November 1891.

§ 1.
Gegenstand der Unternehmung.

Gegenstand des Unternehmens ist die Anfertigung, Anlieferung und Aufstellung d.....

§ 2.
Verding.

Die zu übernehmenden Arbeiten und Lieferungen sind in dem zugehörigen Verdingungsanschlage des näheren klargelegt. Die Ausführung hat genau nach Vorschrift desselben, sowie auf Grund der zum Zwecke des Verdings zur Einsicht ausgelegten Zeichnungen und sonstigen Schriftstücke insbesondere der Massen-, statischen und Gewichtsberechnungen zu erfolgen.

Im übrigen gelten für das Unternehmen die nachstehend aufgeführten besonderen Bedingungen und die allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Staats-Bauten vom $\frac{\text{20. Dezember 1899}}{\text{17. Januar 1900}}$

$\text{IV A. 9509, 10105.}$
III b. 601.

§ 3.
Nebenleistungen.

Zu den im § 3 der Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Staats-Bauten vorgesehenen Nebenleistungen, für welche Unternehmer eine besondere Vergütung nicht zu beanspruchen hat, gehören, insoweit im Verdingungsanschlage nicht anderweite Bestimmung getroffen ist, insbesondere folgende:

1. Der Versand sämtlicher Bauteile, Geräte, Werkzeuge usw. bis zur Baustelle bzw. zur Verwendungs- oder Gebrauchsstelle;
2. die Ausführung der vorgeschriebenen Anstriche und die Lieferung der dazu gehörigen Materialien;
3. die Beschaffung, Aufstellung, Befestigung und Wiederbeseitigung der Gerüste und Hebezeuge zum Aufstellen der Eisenkonstruktionen nebst Zubehör;
4. das Einhauen der Auflagerplatten, der Steinschrauben, Ankerbolzen und sonstigen Teile in die Auflagersteine;
5. das Untergießen der Auflager mit ..... , das Vergießen der Steinschrauben, Anker und sonstigen Teile mit ..... einschließlich der Lieferung der hierzu erforderlichen Materialien.

§ 4.

Mit der Ausführung der Arbeiten ist spätestens ..... Tage nach der Aufforderung, welche gleichzeitig mit der Zuschlagserteilung erfolgen kann, zu beginnen. Die Arbeiten sind im einzelnen demnächst so zu fördern, daß mit der Aufstellung der Eisenkonstruktion ..... Wochen später begonnen werden kann.

Die Fertigstellung sämtlicher im Verdingungsanschlage vorgesehenen Leistungen einschließlich aller Nebenarbeiten muß spätestens ..... Wochen nach der Aufforderung zur Aufstellung der Eisenkonstruktion erfolgt sein.

§ 5.
Verzugstrafe.

Hält der Unternehmer die im § 4 vorgesehene Vollendungsfrist nicht ein, so verfällt derselbe in eine Verzugstrafe, welche für jede ..... der Verspätung auf ..... Mark festgesetzt wird.

§ 6.
Zahlungen.

Die Zahlungen an den Unternehmer erfolgen durch die Königliche .....
Kasse z .....

§ 7.

Kaution.

Die Höhe der von dem Unternehmer nach § 26 der allgemeinen Bedingungen zu bestellenden Kaution wird auf ..... Prozent der Vertragssumme festgesetzt.

Dieselbe ist innerhalb 14 Tagen nach Erteilung des Zuschlages bei der Königlichen ..... Kasse zu ..... zu hinterlegen.

§ 8.

Güteprüfung.

Die Untersuchung und Prüfung des zur Verwendung kommenden Materials sowie der fertigen Teile erfolgt in den Werkstätten, in welchen die zu dem Unternehmen gehörigen Materialien und Arbeiten angefertigt werden, und auf der Baustelle durch den von der Verwaltung hierzu abzuordnenden Beamten.

Geschieht die Prüfung der Materialien auf Antrag des Unternehmers nicht in seinen Werkstätten, sondern auf den Werken seiner Unterlieferanten, so hat er die der Verwaltung hierdurch entstehenden Kosten, nämlich Anteil der Besoldung des Prüfungsbeamten, sowie dessen Tagegelder und Reisekosten zu erstatten.

Die Materialien zu den Proben sind vom Unternehmer unentgeltlich zu liefern, ebenso die dazu erforderlichen Maschinen, Werkzeuge, Geräte und Arbeitskräfte unentgeltlich zu stellen.

Besitzt der Unternehmer nicht die Maschinen, welche für die Ausführung der vorgeschriebenen Proben geeignet sind, so kann die Verwaltung letztere auf seine Kosten anderweit ausführen lassen.

Übrigens steht es der Verwaltung frei, die Prüfung auf ihre Kosten an den ihr geeignet erscheinenden Orten vornehmen zu lassen.

Dem Unternehmer steht das Recht zu, sich bei den Prüfungen persönlich oder durch einen Vertreter zu beteiligen.

Entstehen zwischen der Verwaltung und dem Unternehmer Meinungsverschiedenheiten über die Zuverlässigkeit der bei den Material-Prüfungen angewendeten Maschinen oder Untersuchungsarten so kann der Unternehmer eine weitere Prüfung in den Königlichen Versuchsanstalten zu Charlottenburg verlangen, deren Festsetzungen endgültig entscheidend sind. Die hierdurch entstehenden Kosten trägt der unterliegende Teil.

Unbeschadet des Rechtes, seine Ansprüche im schiedsrichterlichen Verfahren geltend zu machen, ist der Unternehmer verpflichtet, sich zunächst dem Urteile des mit der Prüfung und Überwachung betrauten Beamten der Verwaltung zu unterwerfen. Etwa erforderliche Nacharbeiten an einzelnen den Bedingungen nicht voll entsprechenden Materialien oder Arbeiten hat der Unternehmer ungesäumt auszuführen, widrigenfalls dies seitens der Verwaltung auf seine Kosten geschehen kann.

Aus der Verpflichtung des Unternehmers, mangelhafte Materialien und Teile durch bedingungsgemäße zu ersetzen, erwächst demselben kein Anspruch auf Verlängerung der festgesetzten Vollendungsfristen.

§ 9.

Gewährleistung.

Der Unternehmer bleibt für die Güte der von ihm gelieferten Materialien und Arbeiten nach erfolgter Abnahme des ganzen Werkes (§ 12 der Allgemeinen Bedingungen) noch ..... Jahre lang verhaftet. Derselbe ist verpflichtet, die während der Gewährleistungsfrist hervortretenden Mängel ungesäumt zu beseitigen, widrigenfalls dies seitens der Verwaltung auf seine Kosten geschehen kann.

Technische Vorschriften.

§ 10.

Prüfung der Unterlagen durch den Unternehmer. Abänderungsvorschläge desselben.

Der Unternehmer hat die ihm bei der Zuschlagserteilung übergebenen Unterlagen (Zeichnungen, Berechnungen usw.) seinerseits genau zu prüfen, auf etwa gefundene Unklarheiten aufmerksam zu machen, und deren Beseitigung bei der vertragsschließenden Verwaltung schriftlich zu beantragen.

Etwaige von dem Unternehmer vorzuschlagende Änderungen sind ebenfalls schriftlich in Vorschlag zu bringen. Namentlich steht es dem Unternehmer frei, an Stelle der vorgeschriebenen etwa schwer zu beschaffenden Profile die Verwendung anderer von gleicher Tragfähigkeit zu beantragen.

Die Verwaltung hat hinsichtlich der angeregten Abänderungen endgültig Entscheidung zu treffen.

§ 11.

Anfertigung der Werkstattzeichnungen und Feststellung der Rechnungsgewichte.

Der Unternehmer ist verpflichtet, genaue Werkstattzeichnungen in einem Maßstabe von ..... der natürlichen Größe anzufertigen, aus welchen für sämtliche Teile und Verbindungen alle Maße und die Anordnungen der Niete und Schrauben leicht zu entnehmen sind. Auf Grund der Werkstattzeichnungen hat der Unternehmer die rechnungsmäßigen Gewichte der Eisenteile im Benehmen mit der Verwaltung unter Benutzung eines von der letzteren überwiesenen Formulars zu ermitteln.

Hierbei ist das Gewicht

des	Schweißeisens	zu	7800 kg
„	Flußeisens	„	7850 „
„	Gußeisens	„	7250 „
„	Stahles	„	7860 „
„	Bleies	„	11420 „

für das Kubikmeter anzunehmen.

Die Werkstattzeichnungen sind in zwei Ausfertigungen auf Leinwand gezogen und zwar auf Verlangen der Behörde eine davon auf starkem weißen Papier zu fertigen und mit der Unterschrift des Unternehmers versehen nebst der vorerwähnten Gewichtsberechnung der Verwaltung zur Prüfung und Genehmigung vorzulegen. Diese Zeichnungen und Berechnungen werden demnächst der Ausführung und Abnahme zugrunde gelegt.

Eine Ausfertigung der gedachten Unterlagen erhält der Unternehmer nach stattgehabter Prüfung durch die Verwaltung zurück.

Sofern die nach den Bestimmungen in § 10 dem Unternehmer zu übergebenden Unterlagen Werkzeichnungen im Maßstabe von mindestens 1:20 der natürlichen Größe für ganze Hauptträger und von 1:10 bis 1:1 für einzelne Teile, sowie genaue Gewichtsberechnungen enthalten, sind von dem Unternehmer weder weitere Werkstattzeichnungen noch spezielle Gewichtsberechnungen zu verlangen.

§ 12.

Gewichts-Ermittelung[1]).

Die Ermittelung der wirklichen Gewichte der Eisenteile erfolgt auf Kosten des Unternehmers durch einen Beamten der Verwaltung. Die Angaben und Bescheinigungen desselben sind für die Abrechnung, sofern nicht eine Pauschvergütung vereinbart ist, allein maßgebend.

Die so ermittelten wirklichen Gewichte sind bei der Abrechnung mit der Einschränkung in Ansatz zu bringen, daß die gemäß der Bestimmungen im § 11 festgestellten Rechnungsgewichte sowohl im einzelnen als auch im ganzen um nicht mehr als

3% für Schweiß- und Flußeisen, Stahl und Blei,
5% für Gußeisen,

überschritten werden dürfen.

Verbandsteile, deren Gewicht das gedachte Rechnungsgewicht um mehr als das Doppelte des nach den vorstehenden Festsetzungen zulässigen Mehrgewichts überschreitet, sowie Teile mit einem Mindergewicht von mehr als 2% des Rechnungsgewichtes können ohne weiteres zurückgewiesen werden.

§ 13.

Beschaffenheit der Materialien.

Die zu verwendenden Materialien müssen von folgender Beschaffenheit sein:

I. Das Schweißeisen soll dicht, gut stauch- und schweißbar und weder kalt- noch rotbrüchig sein, es soll keine Langrisse, offene Schweißnähte, Kantenrisse oder sonstige unganze Stellen aufweisen.

II. Das Flußeisen soll glatt gewalzt, ohne Schiefer und Blasen sein und darf weder Kantenrisse noch unganze Stellen haben.

III. Die Gußstücke sollen, wenn nicht Hartguß oder besondere Gattierungen ausdrücklich vorgeschrieben sind, aus grauem, weichem Eisen sauber und fehlerfrei hergestellt sein. Der vorgeschriebene Flächeninhalt eines Querschnittes muß überall voll vorhanden sein, der

[1]) Die Abnahme soll nach Erlaß vom 26. 71, 10. III. 701 künftig nach dem Rechnungsgewichte auf Grund der Probeermittelung an einzelnen Teilen erfolgen.

Unterschied der Wanddicken darf bei gußeisernen Säulen bis zu 400 mm mittlerem äußeren Durchmesser und 4,0 m Länge die Größe von 5 mm nicht überschreiten. Bei Säulen von größeren Abmessungen wird der zulässige Unterschied für je 100 mm Mehrdurchmesser und für jedes Meter Mehrlänge um je 0,5 mm erhöht. Die Wandstärke soll jedoch in keinem Fall weniger als 10 mm betragen.

Sollen Säulen aufrecht gegossen werden, so ist dies im Verdingungsanschlage besonders anzugeben.

IV. Der zu verwendende Stahl muß ein durchaus gleichmäßiges Gefüge haben, möglichst rein und zäh sein.

§ 14.

Prüfung der Materialien.

Behufs Feststellung der Festigkeit und sonstigen Beschaffenheit der Materialien sind, sofern nicht die Verwaltung nach ihrem pflichtmäßigen Ermessen unter Umständen glaubt, davon ganz oder teilweise absehen zu dürfen, Proben zur Ausführung zu bringen und zwar kommen in Betracht:

I. Proben mit ungeteilten Gebrauchsstücken.

Kaltproben:

1. Außenbesichtigung, 2. Biegeprobe.

II. Proben mit abgetrennten Stücken.

a) Kaltproben:

1. Gewöhnliche Biegeprobe, 2. Biegeprobe durch wiederholtes Hin- und Herbiegen, 3. Lochprobe, 4. Bruchprobe, 5. Zerreißprobe, 6. Verwindungsprobe.

b) Warmproben:

1. Biegeprobe, 2. Härtungsbiegeprobe, 3. Lochprobe, 4. Ausbreit-(Schmiede-probe), 5. Stauchprobe, 6. Schweißprobe.

Bei der Vorbereitung der Probestücke und Vornahme der Proben sind im allgemeinen folgende Vorschriften zu beachten:

Die Probestäbe, welche zerrissen, ausgedehnt oder gebogen werden sollen, müssen der Prüfung tunlichst in demselben Zustande unterworfen werden, in welchem das betreffende Material zur Verwendung gelangt. Es ist daher bei der Abtrennung der Probestücke von dem zu untersuchenden Erzeugnis jede Einwirkung auf das Gefüge zu vermeiden.

Ausglühen ist, wenn das Stück nicht ebenfalls vor seiner Verwendung oder im Gebrauche ausgeglüht wird, möglichst zu vermeiden.

Sofern ein Graderichten der Probestreifen erforderlich ist, sollen dieselben nur bis zu einem das Gefüge des Materials nicht verändernden Hitzegrad mäßig angewärmt und in diesem Zustande mittelst Hammerschlägen oder unter einer Presse gerade gerichtet und alsdann gleichmäßig und allmählich abgekühlt werden.

Alle Kaltproben sollen bei einer Temperatur von nicht unter 10° C vorgenommen werden.

Die Bearbeitung der Probestäbe muß eine solche sein, daß die Wirkung des Scherenschnittes, Auslochens oder Aushauens zuverlässig beseitigt wird.

Nicht makellose Stäbe dürfen in keinem Falle zu Probestäben verwendet werden.

Im besonderen ist noch zu beachten:

Bei den Biegeproben:

Es sind die Längskanten mit der Feile vorsichtig abzurunden.

Wenn möglich, sind die Probestreifen 400 mm lang und 30 bis 50 mm breit zu nehmen.

Es wird die Anwendung von Pressen oder ähnlichen Vorrichtungen empfohlen, welche das Ergebnis der Versuche von der Geschicklichkeit oder dem guten Willen der Arbeiter unabhängig machen.

Als Biegewinkel, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, ist stets der Winkel α zu betrachten[1]).

[1]) Winkel α bedeutet den äußeren Winkel, gemessen von der geradlinigen Verlängerung eines Schenkels aus.

Bei der Härtungsbiegeprobe:

Die Härtung wird derart bewirkt, daß die Probestreifen schwach rotglühend in Wasser von etwa 20° C abgeschreckt werden.

Bei den Zerreißproben:

Die Zurichtung der Zerreißproben in kaltem Zustand darf nur mit genau arbeitenden Maschinen und durch geübte Arbeiter geschehen.

Die Form der Probestäbe ist so zu wählen, daß der Teil a, welcher den zu prüfenden Querschnitt hat, 200 mm (Gebrauchslänge) lang ist[1]).

Rundstäbe sollen je nach Bedarf und Möglichkeit auf der Gebrauchslänge a einen Durchmesser d von 10, 15, 20 oder 25 mm erhalten[1]).

Flachstäbe sollen auf der Gebrauchslänge einen Querschnitt von 300 bis 600 qmm haben. Die Breite b soll dabei wenigstens 30 mm betragen.

Es empfiehlt sich, den auf der Gebrauchslänge a hergerichteten Querschnitt nach jeder Seite noch um mindestens 10 mm weiter zu führen und erst von da ab die Verstärkungen für die Einspannungen beginnen zu lassen.

Wenn ein Probestab infolge von deutlich erkennbaren Bearbeitungs- oder Materialfehlern oder infolge von nachweisbar unrichtiger Einspannung eine ungenügende Zerreißprobe liefert, so ist letztere nicht maßgebend für die Beurteilung der Festigkeits- und Dehnungsgröße.

Wenn der Bruch außerhalb des mittleren Drittels der Gebrauchslänge stattfindet, so ist die Probe zwar für die Festigkeits-, nicht aber für die Dehnungsgröße maßgebend. Wenn dabei die Dehnungsgröße als eine ungenügende erscheint, so ist zur richtigen Bestimmung derselben eine neue, im mittleren Drittel zum Bruch gelangende Probe zu machen.

Zerreißmaschinen von bestimmter Bauart werden nicht vorgeschrieben, für deren Brauchbarkeit jedoch folgende Grundsätze aufgestellt:

Die Belastung des Probestückes darf nicht stoßweise erfolgen, sondern muß stetig und langsam vor sich gehen können.

Die Einspannvorrichtung muß so beschaffen sein, daß die Mittelachse des Versuchsstabes genau mit der Zugrichtung zusammenfällt.

Die Maschine muß leicht und sicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden können.

Für die einzelnen Materialien wird im übrigen bezüglich der Art und der Ausführung der Proben folgendes vorgesehen:

I. Schweißeisen.

A. Herrichtung und Anzahl der Proben.

Das zu prüfende Material darf nicht ausgeglüht werden. Von je 100 Stück Stäben oder Platten können drei Proben, und zwar nach Möglichkeit aus den Abfallenden entnommen werden. Wenn dieselben den gestellten Vorschriften genügen, so gelten diese 100 Stäbe oder Platten als angenommen. Genügt eine dieser drei Proben nicht, so darf dafür aus der betreffenden Materialmenge eine neue entnommen werden. Entspricht diese auch nicht den Anforderungen, so kann das Material verworfen werden.

B. Zerreiß- und Dehnungsproben.

Die Mindestbeträge der Zugfestigkeit sind so zu verstehen, daß die Versuchsstücke die angegebenen Belastungen für die Dauer von 2 Minuten tragen müssen, die Mindestbeträge der Dehnung so, daß die Versuchsstücke sich um den angegebenen Bruchteil der Länge von 200 mm ausdehnen müssen, wobei die Messung nach erfolgtem Bruche vorzunehmen ist.

1. Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen und solche Bleche, welche im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden.

Die Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

5 bis 10 mm einschließlich	36 kg a. d. qmm.
mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm . .	35 „ „ „ „
mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm . .	34 „ „ „ „
die Dehnung in allen Fällen	12 Prozent.

[1]) Der mittlere gerade Teil a (Gebrauchslänge) ist nach beiden Seiten um 10 mm zu verlängern; erst daran schließt sich die sanftgebogene Übergangsstrecke zum Einklemmungsteil.

2. Bleche mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben (z. B. Stegbleche von Blechträgern, Kragträgern, Eckversteifungen).

In der Längsrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . . 35 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 10 Prozent.

In der Querrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . . 28 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 3 Prozent.

3. Bleche ohne ausgesprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verschiedenen Richtungen beansprucht werden (z. B. Anschlußbleche).

In der Hauptwalzrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . . 35 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 10 Prozent.

In der Querrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . . 30 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 4 Prozent.

4. Eisen für Niete und solche Schrauben, welche auf Abscheren beansprucht werden, bis zu 25 mm einschließlich Durchmesser:

die Zugfestigkeit . . . . . 38 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 18 Prozent,

von mehr als 25 bis 40 mm einschließlich Durchmesser:

die Zugfestigkeit . . . . . 36 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 15 Prozent.

5. Trägereisen, nämlich I [L T, ähnliche Formeisen:

a) Für die Flanschen:

die Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

10 mm oder weniger . . . . . 36 kg a. d. qmm
mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm . . . 35 „ „ „ „
mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm . . . 34 „ „ „ „
die Dehnung in allen Fällen . . . . . 12 Prozent.

b) Für die Stege:

die Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

10 mm oder weniger . . . . . 35 kg a. d. qmm
mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm . . . 34 „ „ „ „
mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm . . . 33 „ „ „ „
die Dehnung in allen Fällen . . . . . 10 Prozent.

6. Belag-Eisen (sofern solche nicht wie sonst üblich aus Flußeisen gefertigt werden) und zwar:

a) Tonnenbleche. Da dieselben im wesentlichen nur in einer Richtung und zwar in derjenigen, in welcher sie gebogen werden und zu welcher die Hauptwalzrichtung zu nehmen ist, beansprucht werden, so gelten dafür die Vorschriften wie unter 1, also — da deren Dicke wohl stets in den Grenzen von 5 bis 10 mm bleibt — in der Hauptwalzrichtung:

die Zugfestigkeit . . . . . 36 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 12 Prozent.

b) Buckelbleche. Da dieselben annähernd so lang wie breit und daher in beiden Richtungen auch annähernd gleichen Anstrengungen unterworfen sind, so ist die in der Querrichtung zu erzielende Festigkeit für beide Richtungen maßgebend, nämlich bei den vorkommenden Dicken von 5 bis 10 mm:

die Zugfestigkeit . . . . . 30 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 4 Prozent.

c) Wellbleche. Da dieselben bei der Formgebung schon sehr großen Ansprüchen genügen müssen, so kann bei ihnen von Festigkeits- und Dehnungsproben abgesehen werden. Wegen der Schwierigkeit der Herstellung aus Schweißeisen werden sie, namentlich die Trägerwellbleche, fast ausschließlich aus Flußeisen angefertigt.

d) Zores-Eisen:

die Zugfestigkeit . . . . . 33 kg a. d. qmm
die Dehnung . . . . . 6 Prozent.

C. Sonstige Proben.

1. Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen, Blechen und Trägereisen.

a) Biegeproben. Ausgeschnittene Längsstreifen von 30 bis 35 mm Breite mit abgefeilten runden Kanten oder Rund- und Vierkanteisen müssen über eine Rundung von 13 mm Halbmesser winkelförmig gebogen werden können, ohne daß sich an der Biegungsstelle ein Bruch im metalischen Eisen zeigt. Der Winkel a, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt in Graden für Biegung in kaltem Zustande

bei Eisenstärken von 8 bis 11 mm $a = 50°$
„ „ „ 12 „ 15 „ $a = 35°$
„ „ „ 16 „ 20 „ $a = 25°$
„ „ „ 21 „ 25 „ $a = 15°$

für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande:

bei Eisenstärken bis 25 mm $a = 120°$
„ „ über 25 „ $a = 90°$.

b) Ausbreitprobe: In rotwarmem Zustande muß ein auf kaltem Wege abgetrennter, 30 bis 50 mm breiter Streifen eines Flach-, Winkel-, Rund- oder Vierkanteisens oder eines Bleches mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das $1^1/_2$fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren von Trennung im Eisen zu zeigen.

2. Bei Nieteisen.

a) Biegeprobe. Nieteisen soll, kalt gebogen, eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich der halben Dicke des Rundeisens bilden können, ohne Spuren einer Trennung an der Biegungsstelle zu zeigen.

b) Stauchproben. Ein Stück Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

II. Für Flußeisen.

A. Herrichtung und Anzahl der Proben.

Das zu prüfende Material darf nicht besonders ausgeglüht werden. Es sind daher auch die Versuchsstücke von dem zu untersuchenden Eisen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten.

Es können von je 100 Stück Stäben oder Platten 5 Proben und zwar nach Möglichkeit aus den Abfall-Enden entnommen werden. Wenn dieselben den gestellten Vorschriften genügen, so gelten diese 100 Stäbe oder Platten als angenommen. Genügt eine dieser Proben nicht, so darf dafür aus der betreffenden Materialmenge eine neue entnommen werden. Entspricht diese auch nicht den Anforderungen, so kann das Material verworfen werden.

B. Zerreiß- und Dehnungsproben.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 37 kg und höchstens 44 kg auf das Quadratmillimeter, und zwar in der Längs- und Querrichtung, die Dehnung mindestens 20% für Längs- und Querrichtung betragen.

Die Zerreißproben sollen in der Regel 300 bis 600 qmm Querschnitt haben und die Beobachtungen auf einer Länge von 200 mm vorgenommen werden. Die Mindestbeträge der Zerreißfestigkeit sind so zu verstehen, daß die Versuchsstücke die angegebenen Belastungen für die Dauer von 2 Minuten tragen müssen; die Mindestbeträge der Dehnung so, daß die Versuchsstücke sich um den angegebenen Bruchteil der Länge von 200 mm ausdehnen müssen, wobei die Messung nach erfolgtem Bruche vorzunehmen ist.

C. Sonstige Proben.

Bei Flach-, Winkel-, Rund- und Vierkanteisen, Blechen und Trägereisen.

a) Biegeproben. Streifen von 30 bis 50 mm Breite mit abgefeilten runden Kanten oder Rund- oder Vierkanteisen sollen, kalt gebogen, eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich der halben Dicke des Versuchsstückes bilden können, ohne irgend welche Risse zu zeigen. Eine versuchte Härtung darf das Ergebnis der Biegeprobe nicht ungünstig beeinflussen.

b) Stauchproben. Ein Stück Rundeisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

Anmerkung. Bei den Warmproben ist der schwarzwarme Zustand zu vermeiden, weil die Bearbeitung in diesem Zustande schädlich wirkt.

III. Für Gußeisen.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 12 kg auf das Quadratmillimeter betragen.

Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 30 mm Seite, auf zwei 1 m voneinander entfernten Stützen liegend, muß eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht.

Es muß möglich sein, mittelst eines gegen eine rechtwinkelige Kante des Gußstückes mit dem Hammer geführten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne daß die Kante abspringt.

IV. Für Stahl.

Die Zugfestigkeit in der Längsrichtung soll mindestens 52 kg für das Quadratmillimeter, die Dehnung 12% betragen.

§ 15.

Bearbeitung der Materialien.

Die durch Nietung der Verschraubung zu vereinigenden Teile müssen genau aufeinander passen und in den Fugen dicht schließen.

Der Grat an allen gewalzten Stücken muß entfernt werden.

Sämtliche Stoßfugen müssen so genau bearbeitet sein, daß die Stoßflächen sich berühren.

Die vorgeschriebenen Biegungen und Kröpfungen der Platten und Stäbe sind glatt und ohne Verdrehung herzustellen und dürfen weder Risse noch Brüche haben. Auch muß der Querschnitt in den Kröpfungen und Biegungen der gleiche sein wie in den geraden Stücken.

Hinter den Kröpfungen und Biegungen müssen die betreffenden Teile dicht an den mit ihnen zu verbindenden Stücken anliegen; sie dürfen später unter keinen Umständen durch die Befestigungsniete herangezogen werden.

Die sämtlichen Kanten der Steg- und Anschlußbleche, die Kopfflächen aller Flacheisen, Winkel- und sonstigen Formeisen und aller aus verschiedenen Stärken zusammengesetzten Träger, sowie diejenigen Flächen der Auflager von Trägern, Bindern, Säulen usw., welche unter sich oder mit anderen Stücken in Berührung kommen, müssen nach Maß bearbeitet werden und genau aufeinander passen.

Die Verzinkung muß, wo eine solche vorgeschrieben ist, eine vollkommene sein und darf bei gebohrten, gelochten oder sonst bearbeiteten Stücken erst nach der Bearbeitung erfolgen. Die verzinkten Teile müssen bis zum Bruch hin- und hergebogen werden können, ohne daß sich die Verzinkung ablöst. Zur Verzinkung darf nur bestes Rohzink ohne Beimischung anderer Materialien verwendet werden.

Die Modelle zu Gußstücken mit architektonischer Ausbildung bedürfen der Genehmigung durch die Verwaltung, welche der Unternehmer rechtzeitig zu beantragen hat.

§ 16.

Herstellung der Niet- und Schraubenlöcher.

Die Niet- und Schraubenlöcher in den Stäben sollen sämtlich gebohrt werden, diejenigen in den Blechen und Platten dürfen auch gelocht werden, sofern das Material nicht Flußeisen oder Stahl ist. Bei den Belagblechen aus Flußeisen steht dem Lochen nichts entgegen.

Alle Löcher in den zu verbindenden Teilen, welche getrennt für sich gebohrt oder gelocht werden, sind zunächst mit einem etwas geringeren Durchmesser herzustellen und erst nach Zusammensetzung der Teile durch Aufreiben mit der Reibahle auf den richtigen, der Nietstärke entsprechenden Durchmesser zu bringen, sodaß sie vollständig glatte, metallreine Wandungen erhalten.

Die Bearbeitung der Löcher mit der Rundfeile ist verboten.

Die Nietlöcher müssen die vorgeschriebene Versenkung haben.

Im übrigen gilt als Regel, daß die Mittelpunkte der Löcher von den Kanten der Stäbe, Bleche, Platten usw. mindestens entfernt sein müssen:

bei	16	mm	Lochweite	30	mm
„	20	„	„	40	„
„	23	„	„	45	„
„	26	„	„	50	„
„	30	„	„	60	„

Die Kanten der Löcher dürfen keine Risse zeigen, sondern müssen glatt sein. Vor dem Einziehen der Niete und Schrauben sind die Löcher von jedem Grate zu befreien und gehörig zu reinigen.

§ 17.

Reinigung der Eisenkonstruktionen vor der Besichtigung durch den überwachenden Beamten.

Unmittelbar nach den vorstehend unter § 15 und 16 erwähnten Bearbeitungen, jedoch vor weiterer Zusammensetzung, sowie vor dem ersten Anstriche sind die Eisenteile auf das sorgfältigste von Staub, Schmutz, Glühspan und Rost, entweder trocken durch Scheuern mit Bürsten usw. oder naß durch Beizen mit verdünnter Salzsäure usw. zu reinigen und dann sofort mit einem Anstrich von reinem heißen Leinölfirnis mit 10%igem Zinkweißzusatz zu versehen.

Erfolgt die Reinigung durch Beizen, so ist zunächst die an den Eisenteilen etwa noch anhaftende Säure durch Eintauchen in Kalkwasser zu beseitigen. Demnächst sind die Eisenteile in reinem Wasser abzuspülen, sodann in kochendem Wasser bis zur Siedehitze zu erwärmen, nach Verdunstung der anhaftenden Wasserteile allseitig mit einer aus 90 Teilen dünnflüssigem, schnelltrocknenden, guten, wasser- und säurefreien Leinölfirnis und 10 Teilen Zinkweiß bestehenden Farbe satt zu bestreichen und schließlich zum Abtrocknen in gedeckten Räumen zu lagern.

Nach erfolgter Reinigung und Aufbringung des Firnisanstriches sind die Eisenteile dem überwachenden Beamten zur Besichtigung vorzulegen.

§ 18.

Verbinden und Vernieten der Teile.

Sämtliche Verbandstücke müssen auf einer Zulage zusammengepaßt und durch Dorne und Schrauben miteinander verbunden werden. Keines der Stücke darf dabei in eine einseitige Spannung gezwängt werden. Es müssen die einzelnen Verbindungen gelöst werden können, ohne daß die Stücke federn oder sich verschieben. Die Zulagen sind so einzurichten, daß die richtige Form der Bauteile vollkommen gesichert ist und ohne Schwierigkeit untersucht werden kann.

Unmittelbar vor dem Einsetzen der Niete sind die zu verbindenden Teile und zwar zunächst nur in den aufeinander liegenden Flächen nochmals gehörig zu reinigen und mit Bleimennige zu streichen, sodann wieder so fest zu verbinden, daß eine Veränderung ihrer Lage während des Nietens nicht eintreten kann. Sollten bei der Vernietung sich einzelne Teile verziehen, so müssen die Verbindungen gelöst und nach Anweisung des überwachenden Beamten entweder die vorhandenen Fehler sorgfältig beseitigt oder die fehlerhaften Stücke durch neue ersetzt werden.

Die einzuziehenden Niete sind zuvor auf ihrer ganzen Länge hellrot glühend zu machen und durch Aufschlagen von dem etwa anhaftenden Glühspan zu befreien. Der zweite Kopf darf erst gebildet werden, nachdem der Nietschaft scharf in das betreffende Loch hineingetaucht ist und muß solange bearbeitet werden, bis die Glühhitze vorüber ist. Sodann sind die Nietköpfe mit der unter § 17 vorgeschriebenen Leinölfirnis- und Zinkweißfarbe zu streichen.

Den Nietköpfen sind die vorgeschriebenen Formen zu geben. Die Köpfe müssen in der Achse des Nietschaftes sitzen, in allen Punkten ihres Umfanges dicht anschließen und dürfen keine Risse oder Brüche zeigen.

Ein Verstemmen der Niete ist nicht gestattet.

Nach der Vernietung ist zu untersuchen, ob die Niete vollkommen festsitzen. Jeder von dem überwachenden Beamten als mangelhaft bezeichnete Niet ist loszuschlagen und durch einen vorschriftsmäßigen zu ersetzen; in keinem Falle darf ein lose sitzender Niet kalt nachgetrieben oder ein nicht anliegender Nietkopf kalt verstemmt werden.

Um feststellen zu können, ob die Nietung den gestellten Anforderungen entspricht, bleibt außerdem vorbehalten, einzelne Niete herausschlagen zu lassen. Wird hierbei gefunden, daß in dem betreffenden Verbandsteile mehr als 5% der Niete schlecht geschlagen oder die Nietlöcher schlecht aus-

geführt sind, so müssen in demselben sämtliche Niete entfernt und durch neu zu schlagende in vorschriftsmäßiger Weise ersetzt werden.

Sämtliche auf Zug in Anspruch genommene Verbandstücke sind mit Spannung einzusetzen.

Die vorstehenden Bestimmungen gelten sowohl für die Nietarbeiten in der Werkstätte wie auch auf der Baustelle.

Die Schraubenbolzen sind, soweit solches im Verdingungsanschlage oder in den Zeichnungen bestimmt ist, auf die vorgeschriebenen Durchmesser abzudrehen und müssen die zugehörigen Löcher scharf ausfüllen. Die Gewinde sind nach Whitworthscher Vorschrift herzustellen; die Muttern dürfen weder schlottern noch einen zu festen Gang haben. Die Köpfe und Muttern müssen mit der ganzen zur Anlage bestimmten Fläche aufliegen.

§ 19.
Aufstellung und Auflagerung der Eisenkonstruktionen.

Die Art und Weise der Aufstellung der Eisenkonstruktionen bleibt im allgemeinen dem Unternehmer überlassen, sofern nicht beim Verding eine bestimmte Art der Aufstellung vorgeschrieben ist.

Vor Beginn der Zusammenstellungsarbeiten hat der Unternehmer an Ort und Stelle genaue Stichmaße von den Auflagermauern und deren Entfernungen voneinander nehmen zu lassen, und wenn sich hierbei Abweichungen gegen die Angaben in den Zeichnungen vorfinden sollten, die Bestimmung der Verwaltung über die Ausgleichung derselben einzuholen. Ebenso liegt dem Unternehmer das Abwiegen der einzelnen für die Auflagerung und Aufstellung wichtigen Höhenpunkte ob.

Hierbei, sowie bei Festlegung der hauptsächlichen Mittellinien oder Punkte wird die Verwaltung dem Unternehmer auf dessen Antrag entsprechend Hilfe leisten.

Das Ausrichten und Einstellen aller Auflager sowie der Säulen und sonstigen Stützen hat so zu erfolgen, daß die Druckabgabe auf die Auflager und von diesen auf das Mauerwerk eine vollständig gleichmäßige ist.

Um dieses zu erreichen, ist zwischen den Sohlplatten der Auflager und den Auflagersteinen durch Eintreiben von schlanken Keilen eine Fuge von 5 bis 13 mm Weite herzustellen und diese durch Eingießen des im Verdingungs-Anschlag vorgeschriebenen Materials in geeigneter Weise auszufüllen. Nach dem Erhärten dieses Materials müssen die Keile entfernt werden und die von denselben herrührenden Höhlungen nachträglich mit demselben Material ausgefüllt werden.

§ 20.
Gerüste.

Die Konstruktion der zur Aufstellung der Eisenkonstruktionen erforderlichen Gerüste bleibt, soweit nicht bei der Ausschreibung oder in dem Verdingungsanschlage besondere Vorschriften gegeben sind, im allgemeinen dem Unternehmer überlassen. Die Verwaltung wird jedoch die Entwürfe zu den Rüstungen, welche ihr, im Maßstabe von 1:100 aufgetragen, Wochen nach der Aufforderung zum Beginn der Arbeit zugestellt werden müssen, einer Prüfung unterziehen und die ihrerseits für erforderlich erachteten Änderungen in die Zeichnungen eintragen. Der Unternehmer ist verpflichtet, die Gerüste unter Beachtung der von der Verwaltung vorgeschriebenen Maßnahmen zur Ausführung zu bringen. Entstehen hinsichtlich der Konstruktion der Gerüste Meinungsverschiedenheiten, so ist die Entscheidung der bauleitenden Behörde einzuholen.

Hinsichtlich der Verwendung guten Materials, der Herstellung fester Verbindungen, sowie hinsichtlich der Beachtung ausreichender Vorsicht beim Aufbauen und Abtragen der Rüstung bleibt der Unternehmer allein verantwortlich.

Diejenigen Gerüste, zu deren Aufstellung eine Heranziehung öffentlicher Straßen nötig wird, bedürfen der Genehmigung der zuständigen Behörden. Demgemäß sind letzteren die bezüglichen Entwürfe durch Vermittelung der Verwaltung zur Prüfung und Genehmigung vorzulegen. Die Verwaltung hat den Unternehmer bereits bei der Ausschreibung, jedoch ohne Verbindlichkeit auf die bestehenden Verhältnisse in dieser Beziehung aufmerksam zu machen. Allen Anforderungen, welche die zuständigen Behörden im Interesse des Publikums, sowie zur Sicherung des Verkehrs für notwendig erachten, hat sich der Unternehmer zu unterwerfen; er ist verpflichtet, den bezüglichen Aufforderungen in der gestellten Frist nachzukommen, widrigenfalls die Verwaltung berechtigt sein soll, das Erforderliche ohne weiteres auf Rechnung des Unternehmers zu veranlassen.

Die Wiederentfernung der Gerüste und die Wiederbeseitigung aller infolge der Aufstellungsarbeiten entstandenen Veränderungen und Beschädigungen an Bauwerken oder den angrenzenden Verkehrswegen hat der Unternehmer auf seine Kosten sogleich nach Beendigung der Aufstellungsarbeiten mit möglichster Beschleunigung zu bewirken.

§ 21.
Anstrich.

1. In der Werkstatt. Bevor die einzelnen oder die zusammengesetzten Bauteile von dem überwachenden Beamten besichtigt und geprüft worden sind, dürfen dieselben keinen andern als den im § 17 beschriebenen Anstrich erhalten.

Sofort nach der Prüfung sind die einzelnen Teile nochmals sorgfältig zu reinigen, die Fugen zwischen den sich berührenden Flächen mit einem aus Bleiweiß und Leinölfirnis bereiteten steifen Kitt zu verstreichen und zu dichten, sowie demnächst die Teile allerseits mit Bleimennige-Farbe zu streichen.

Der Grundanstrich darf nur in dünner Schicht aufgetragen werden und muß gut trocknen.

2. Nach beendigter Aufstellung. Nach beendigter Aufstellung sind die in der Werkstätte gefertigten Anstriche an den beschädigten Stellen auszubessern, und an den auf der Baustelle geschlagenen Nieten nachzuholen. Nachdem dann sämtliche Fugen an den Berührungsflächen je zweier Stücke gehörig und sorgfältig ausgekittet sind, ist dem gesamten Eisenwerk ein nochmaliger Anstrich mit reiner Bleimennige-Farbe und demnächst ein mindestens zweimaliger, jedenfalls vollkommen deckender Ölfarbenanstrich, dessen Färbung seitens der Verwaltung bestimmt wird, zu geben. Alle zwischen den Verbandsteilen sich bildenden Räume, in denen sich Wasser ansammeln kann, müssen mit Asphaltkitt vollständig ausgefüllt und sauber verstrichen werden.

Bei den verzinkten Stücken fallen die Grundanstriche mit Bleimennige-Farbe fort.

Die sämtlichen von Erde, Steinen, Kies, Sand, Mörtel oder Mauerwerk berührten Flächen sind anstatt der Ölfarbenanstriche mit Anstrichen von angewärmtem, guten Holzkohlenteer zu versehen.

§ 22.
Wasserdichtigkeit einzelner Konstruktionsteile.

Soweit für einzelne Konstruktionsteile in den Verdingungsanschlägen Wasserdichtigkeit verlangt wird, kann die Verwaltung auf ihre Kosten diese Dichtigkeit durch eine Wasserprobe feststellen lassen.

§ 23.
Probebelastung.

Die Verwaltung behält sich vor, die Bauten nach vollendeter Aufstellung einer Probebelastung nach Maßgabe der in die Verdingungsanschläge aufgenommenen besonderen Vorschriften zu unterziehen und zu diesem Zwecke Lasten aufbringen zu lassen, welche ihrer Höhe und ihrer Verteilung nach den den Berechnungen zugrunde gelegten dauernden Verkehrs- und zufälligen Belastungen möglichst gleichkommen.

Dem Unternehmer wird der Zeitpunkt dieser Probebelastung mitgeteilt und die Teilnahme an derselben anheimgestellt.

Zeigen sich bei diesen Belastungsproben Spannungen, Durchbiegungen oder Schwankungen, welche auf Mängel am Material oder in der Herstellung zurückzuführen sind, so ist der Unternehmer verpflichtet, nach Anweisung der Verwaltung Abhilfe zu schaffen.

Die Kosten der Belastungsprobe trägt die Verwaltung.

§ 87. Der Rostschutz des Eisens.

Der größte Feind der Eisenkonstruktionen ist der Rost, welcher in einer Oxydierung des Eisens in Gegenwart von Sauerstoff, Wasser und Kohlensäure besteht. Es ist deshalb mit besonderer Aufmerksamkeit auf die Herstellung und Erhaltung eines rostschützenden Überzuges der Konstruktionen zu sehen. Ein solcher kann bewirkt werden 1. durch Anstriche, 2. durch Überziehen der Eisenoberfläche mit anderen Metallen, 3. durch eine künstliche Oxydation.

1. Anstriche.

Die gewöhnliche Art eines rostschützenden Überzuges ist ein Anstrich. Diesem geht in der Regel eine genaue Reinigung aller Teile voraus, die mechanisch

oder chemisch ausgeführt werden kann. Im ersteren Falle werden die Eisenflächen mit Drahtbürsten, durch ein Sandstrahlgebläse oder dgl. abgeputzt, im letzteren Falle die einzelnen Teile in Bädern aus verdünnten Säuren von Rost usw. befreit; hierbei ist besondere Rücksicht auf eine totale Entfernung der Säure, vielfach durch Eintauchen in Kalkwasser ausgeführt, und vollkommene Trocknung der Flächen geboten. Auch ist es zweckmäßig, die auf chemischem Wege gereinigten, trockenen Stücke baldmöglichst mit einem Anstriche von dünnflüssigem und schnell trocknendem Leinölfirnis oder mit einem Farbenüberzuge zu versehen und bis zur vollkommenen Trocknung desselben in geeigneter Weise unter Schutz zu halten[1]).

Abgesehen von der Bildung des Rostes an der ungeschützten Eisenfläche, kann auch eine bereits gestrichene Eisenkonstruktion von ihm befallen werden, indem entweder die Farbhaut bei geringer Elastizität oder anderem Ausdehnungsverhältnisse wie das Eisen infolge von Temperaturbewegungen zerreißt und somit der atmosphärischen Feuchtigkeit Zutritt gestattet, oder der Farbüberzug selbst — nicht vollkommen dicht — von letzterer durchdrungen wird. Daß dies eintreten kann, daß also die Farbhaut in vielen Fällen — namentlich bei Ölanstrich — hygroskopisch und ferner durchlässig für Wasser und Gase ist, wurde von E. Simon[2]) auf dem Versuchswege nachgewiesen und wird zudem durch viele Erfahrungen der Praxis bestätigt. Simon fand, daß die Wärme nicht in dem Maße schädigend auf die Farbhaut eines Ölfarbenanstrichs einwirkt, wie vielfach angenommen wird, daß aber die Farbhaut Wasser aufnimmt und in dem hierdurch bedingten Zustande der Schwellung Wasser und Gas durchläßt. Eine Ölfarbe wird demgemäß um so mehr schützend wirken, je mehr Leinölfirnis in ihr enthalten[3]) und je indifferenter der Farbkörper gegen chemische Einflüsse ist. Zudem ist die Kohäsion der Farbteilchen unter sich, eine ausreichende Adhäsion an Eisen, desgleichen die Leitungsfähigkeit gegen Wärme und Elektrizität zu berücksichtigen und wenn erreichbar die Ausdehnungszahl der Farbschicht der des Eisens möglichst nahe zu bringen. Auch erscheint es notwendig, neben dem Grundanstriche — wie auch weiter unten in den bezüglichen Bestimmungen hervorgehoben wird — zum mindesten 3, besser 4 — Deckanstriche aufzubringen, um eine Wasserdichtheit der Ölfarben zu sichern[4]).

Ferner bestätigt Simon, daß die Adhäsion der Farbe am besten durch eine nach Reinigung des Eisens vorgenommene Ölung oder eine Abreibung mit schnell trocknen-

---

[1]) Aus den Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau vom Jahre 1893, vergl. Anm. 1. S. 530. Vgl. auch die betr. Ausführungen in den preuss. Vertragsbedingungen auf S. 549.

[2]) Vergl. hierzu: Über die Entstehung des Rostes unter der das Eisen schützenden Ölfarbendeckschicht von E. Simon in Dinglers Polyt. Journ. 1897 (Bd. 305). Heft 12.

[3]) In seiner obengenannten Arbeit bestimmte E. Simon den zweckmäßigen Firnisgehalt und fand, daß auf 100 Teile chem. reiner Bleimennige 12,8 Teile Firnis, auf 100 Teile Bleiweiß 40 Teile Firnis notwendig seien; als Farbverbrauch ergab sich auf 1 qm ein- und zweimal gestrichen: bei Bleimennige: 183 bezw. 352 g, bei Bleiweiß 105 bezw. 223 g.

[4]) Zur wissenschaftl. Prüfung der Farbanstriche vergl.: Die Untersuchung und Beurteilung von wetterfesten, rostschutzbildenden Anstrichfarben. St. u. E. 1907. XXII. S. 782.

(Nach einer Veröffentl. v. F. Bandow in der Chem. Zeitg. 1905. S. 29 u. 989). Es wird empfohlen, die Farbe zu untersuchen auf: 1. Strichfähigkeit, 2. Deckkraft, 3. Verhalten gegen Wasserdampf [a) strömend gespannt, b) nicht gespannt]. 4. Rostschutz, 5. Einwirkung chemischer Reagenzien, 6. Elastizität, 7. Farbaufwand, 8. Trockenfähigkeit. Anschließend dürfte sich wohl noch eine Ausdehnung der Prüfung auf die Dichtigkeit und Kohäsion der Farbschicht empfehlen, sowie auf ihr Verhalten gegenüber den Einflüssen der Temperatur. Vergl. hierzu die Untersuchungen von E. Simon.

dem Öle unterstützt wird; auch hat sich in der Praxis gezeigt, daß entsprechend behandelte Eisenkonstruktionen Monate hindurch im Freien lagern können, ohne zu rosten.

Der erste — sogen. Grund-Anstrich — kommt in der Werkstatt zur Ausführung. Die folgenden Deckanstriche werden an der fertig aufgestellten Gesamtkonstruktion vorgenommen. Flächen, welche hierbei durch überliegende Teile gedeckt sind, werden in der Regel vor dem Zusammensetzen des Ganzen mit einem einfachen Deckanstriche versehen.

Als Grundierungsfarbe wird vielfach Leinölfirnis mit Eisen- oder Bleimennige[1]) angewendet. Bei Eisenmennige — einer säurefreien, durch Pulverisieren, Schlämmen und Brennen von tonigem Eisengestein hergestellten Mineralfarbe — ist ein sehr hoher Gehalt an Eisenoxyd zur Erzielung großer mechanischer Deckfähigkeit erforderlich, während Bleimennige — eine Sauerstoffverbindung des Bleis (Pb_3O_4) — einen, infolge ihrer chemischen Bindung mit Leinölfirnis von Natur aus harten und widerstandsfähigen Eisenüberzug bildet[2]). Eisenfarben, welche wie Caput mortuum, Berliner Rot, Englisch Rot aus den Rückständen der Schwefelsäurefabrikation gewonnen werden, sind wegen ihrer freien Säure zu verwerfen.

Als Deckfarben über den Grundanstrichen werden vielfach Bleiweiß-[1]) und Zinkweiß-Ölfarben mit einem zur Tongebung geforderten Zusatze — gewöhnlich mineralischer Art — verwendet. Die ersteren kommen unter Namen wie: Diamantfarbe, Silbergrau, Metallgrau, Eisengrau usw., die letzteren als Platinfarbe, Bessemerfarbe[3]), Silikatfarbe oder Adamantinfarbe . . . in den Handel. Bei richtiger Zusammensetzung liefern beide Farben gut deckende, haltbare, säurefeste Anstriche, die allerdings, soweit Bleifarben in Frage kommen, dem Nachdunkeln unterworfen sind. In der Regel werden drei Deckanstriche in mindestens achttägigen Pausen aufgebracht.

Die Farbe selbst soll schnell trocknen und dünnflüssig sein. Ist sie zu dick, so wird einerseits nicht jede Unebenheit der Eisenfläche ausgefüllt und andererseits die Bildung von Luftblasen, die bei Temperaturerhöhungen ein Zerreißen der Farbenschicht verursachen und zudem die Aufnahme von Feuchtigkeit erleichtern, befördert. Vielfach wird vorgeschrieben, daß nur „geriebene" Ölfarben Verwendung finden dürfen und daß die Anstrichfarbe binnen 12 Stunden so weit getrocknet sein muß, daß sie durch Regen nicht mehr beeinflußt wird.

Neben den Blei- und Zinkölfarben sind als vielfach bewährte, ihnen auch z. T. überlegene Deck- daneben auch Grundfarben noch zu erwähnen: Rathjens

[1]) Bezügl. Anwendung von Bleifarben im Malergewerbe usw. vergl. die Bundesrats-Vorschriften im Reichsgesetzblatte vom 27. Juli 1905. (Nr. 28.) S. 555 ff.

[2]) Die nicht selten wenig günstigen Erfahrungen, welche mit Bleimennigeanstrich gemacht worden sind, dürften bedingt sein einerseits (bei Gegenwart atmosphärischer Feuchtigkeit) durch die Bildung elektrischer Erregungen zwischen der Bleiverbindung und dem Eisen und einer hierdurch veranlaßten Abgabe von Sauerstoff von ersterer an das Eisen, andererseits durch die Bindung der Luft-Kohlensäure und einer weiteren Oxydierung des Eisens durch freiwerdenden Sauerstoff.

[3]) Bessemer-Farbe (Marke Ambos) wird hergestellt von der Firma Rosenzweig & Baumann in Cassel, und hat sich sowohl als Grundierungsfarbe wie auch als Deckanstrich an einer sehr großen Anzahl hervorragender Verwendungsstellen bewährt. Im Vergleiche mit Mennige besitzt die dunkelgraue Bessemer-Farbe den Vorteil, daß der Verbrauch ein geringerer ist. Im allgemeinen genügt für die mäßig schnell trocknende, aber auch mäßig stark erhärtende, also nachgiebig bleibende Farbe ein zweimaliger Anstrich. Durch Untersuchungen der Berliner Prüfungsanstalt (Antrag 5396) wurde ferner erwiesen, daß die Farbe gegen äußere Einflüsse und Formänderungen des Eisens einen sehr großen Widerstand bietet, bzw. hohe Elastizität zeigt, daß sie nach 10 Stunden trocken war, sehr fest haftet und zum zweimaligen Anstriche eines qm nur 76,6 g Farbe erforderlich sind.

Genaueres siehe in der, von der oben genannten Firma herausgegebenen Broschüre „Bessemer-Farbe".

Patentkomposition[1]) (eine mit Spiritus angemachte Farbe), durch schnelles **Trocknen** ausgezeichnet, ferner die unter dem Namen Schuppenpanzerfarbe (Dr. Graf & Co., **Berlin**, u. a.) in den Handel kommenden Erzeugnisse[2]), letztere bestehen in der Regel aus schuppigem Eisenglimmer, Leinölfirnis nebst einer geringen Menge von Graphit, Gangart u. dgl.; sie sind mit gutem Erfolge und zwar sowohl zum Grund- als auch zum Deckanstrich verwendet worden. Weiter sind hier zu nennen: Hansa-Komposition, Nautonfarbe, Siederosthen-Lubrose[3]), Ferrubron[4]), vielfach gut bewährt — Zoncafarbe[5]), ein in

[1]) Von D. Decken, Flensburg erhältlich, welchem für Deutschland und die Schweiz der Verkauf seitens der Bremerhavener Fabrik übertragen worden ist. Über die Bewährung der Farbe vergl. u. a.: DB. 1876 v. 17./10., 1879 v. 24./12., 1880 v. 14./1., 1884 v. 6./9., 1885 v. 15./7.; Dingl. Polyt. J. 1879, S. 87./88., sowie Z. d. B. 1884, Nr. 24, vom 14./6. Bei Ausführung des Anstriches sind die gegebenen Gebrauchsanweisungen zu beachten; auf besonderen Grundanstrich (z. B. Mennige) folgt ein zweifacher Anstrich mit Rathjen-Farbe, die in braunen und lichtgrauen Tönungen geliefert wird.

Die Farbe eignet sich sehr gut zum Anstrich von ganzen Eisenkonstruktionen, Trägern, Säulen, Wasserbehältern, Eisenblech- und Zinkdachungen; sie ist aber nicht zu verwenden für Eisenteile, welche durch Feuer erhitzt werden können.

Die Farbe trocknet so schnell, daß schon nach einigen Stunden der zweite Aufstrich aufgebracht werden kann, was namentlich für Rostschutzarbeiten im Freien und in ungünstiger Jahreszeit von Bedeutung ist.

[2]) Über die meist recht gute Bewährung der Farbe vergl. Z. d. B. 1891 v. 22./8., 25./12., 1892 v. 11./6., 1898 v. 14./12. (Bericht v. G. Mehrtens über die Bewährung der Farbe bei der Fordoner Weichsel-Brücke); D.B. 1891 v. 5./8., 1892 v. 20./4. u. 17./12.; Glasers Annalen für Gew. u. Bauwesen 1891 v. 1./8., 1892 v. 1./4., 1896 v. 1./7.; St. u. E. v. Sept. 1891.; Z. d. V. d. J. 1892 v. 20./8. Dingl. Polyt. J. 1891 v. 18/9., Ö. M. f. d. ö. B. vom Juli 1899; Schw. Bztg. 1891 v. 5/9. usw.

Aus Versuchen der Kgl. mechan.-techn. Versuchsanstalt Berlin i. J. 1891 geht hervor, daß ein einmaliger Anstrich mit Schuppenpanzerfarbe bedeutend widerstandsfähiger, etwa 12 mal leichter und erheblich billiger wie ein zweimaliger Mennige-Anstrich ist; auch trocknet er schneller und bedingt wegen seiner leichten Streichbarkeit weniger Arbeitslohn als letzterer. Weiter tritt sofort ein Rosten unter der Farbe durch das veränderte Aussehen der Schuppenpanzerfarbe in die Erscheinung; schließlich ist die Farbe ausreichend elastisch und somit ein Zerspringen nicht zu befürchten. Das gleiche zeigte sich auch bei der Untersuchung von seiten der Großherzogl. badischen Landes-Gewerbehalle zu Karlsruhe.

Im besonderen wird die Farbe (Z. d. B. 1891) in Verbindung mit dem Dr. Grafschen ozonisierenden Leinölfirnis (DRP. 56392) empfohlen; der Farbe wird nachgerühmt, alsdann eine 2½ mal so große Dauer und Widerstandsfähigkeit als Ölfarbe zu besitzen.

[3]) Wie schon bei der allgemeinen Besprechung der Ölanstriche auf S. 550—551 hervorgehoben wurde, wird die Haltbarkeit der Farbe in erster Linie durch das Bindemittel bedingt, während die indifferenten mechanischen Beimengungen, wie Metalloxyde, Erdfarben usf., nur von nebensächlicher Bedeutung sind; gleichwichtig ist es, daß die Farbschicht nicht hygroskopisch ist, sondern gegenüber Feuchtigkeit und Gasen absolut dicht bleibt, — eine Forderung, die bei den Leinölfarben vielfach nicht erreicht ist, um so weniger, als sich hier der Firnis durch die fortgesetzte Verbindung mit dem Sauerstoff selbst verzehrt, Deshalb ist die chemische Fabrik A.-G. Jeserich-Hamburg darauf bedacht gewesen, in der Siderosthen-Lubrose einen Firnis herzustellen, welcher einer Oxydation an der Luft nicht unterliegt, gegenüber allen möglichen Farbstoffen indifferent ist und sich als ein gummiartiger, weicher Stoff zeigt. Wird Lubrose mit geeigneten, flüssigen und flüchtigen Mitteln unter Druck gebracht, so erhält man einen fetten Firnis als Basis zur weiteren Farbfabrikation. Diese besteht schließlich darin, daß dem gewonnenen Firnis auf kaltem oder warmem Wege die geforderten Metalloxyde (Bleiweiß, Zinkweiß usw.) beigegeben werden, ev. unter Umwandlung in Metallsulfide.

Die Siderosthen-Lubrosefarben überziehen das Eisen mit einer absolut dichten, homogenen, elastisch-gummiartigen Haut, welche den Formänderungen der Konstruktion folgt, ohne rissig zu werden; auch sichert die Indifferenz gegenüber chemischen Einflüssen, selbst in mit Rauchgasen stark erfüllter Luft, die Bewährung als Rostschutz.

Beim Trocknen der Farbe — bewirkt durch Verdunstung des Lösungsmittels — verflüchtigen sich nur 10% des Anstriches. Sämtliche Siderosthen-Lubrosefarben können auch unmittelbar auf alte Ölfarbenanstriche oder Mennige-Grundierung aufgetragen werden; man streicht mit 1 kg schwarzer Lubrose Farbe 10, mit den hellen Farben 8 qm Eisenfläche.

beliebiger Färbung erhältlicher, durch vollkommene Sterilisations- und Desinfektionsfähigkeit ausgezeichneter gut haltbarer Anstrich, — ferner Durabofarbe[6]), Inertol[7]), Danboline[8]), Dauerfarbe[9]) u. a. m., — endlich Steinkohlenteer. Bei Verwendung des letzteren ist auf Leichtflüssigkeit und vollkommene Entfernung jener Säure besonders zu achten[10]).

Für einzelne Eisenteile, namentlich Heizkörper u. dgl. sind neben vielen der oben genannten Eisenanstriche noch zu nennen: Die Porzellan-Email-Farben von Rosen-

[4]) Ferrubron — hergestellt und geliefert von den Ferrubronfarbwerken (Ernst Gartzke) Berlin — gehört zu den, namentlich bei neueren großen Eisenbauten vielfach verwendeten und dort gut bewährten Rostschutzmitteln. Die Farbe zeigt ein sehr großes Deckungsvermögen und wird nicht durch atmosphärische Einflüsse, weder bei gewöhnlicher noch bei höherer Temperatur verändert. Der Farbkörper ist ein Naturprodukt, und zwar ein Eisenglanz in Form feinverteilter, mikroskopisch dünner Blättchen, die durch einen einfachen Schlemmprozeß von der sie begleitenden Gangart frei gemacht sind. Diese Ferrubronblättchen besitzen große Geschmeidigkeit, fühlen sich in trockenem, unvermischtem Zustande fettig an und zeigen, als Anstrichmasse verwendet, eine sehr hohe Deckkraft.

Das Aussehen der Farbe bleibt unverändert, stets hell erscheinend und metallisch glänzend. Als Farbabtönungen werden hergestellt: Naturgrau, Silbergrau, Naturrot und Silberrot. Das Material kostet für 1 qm bei zweimaligem Anstriche etwa 10—12 Pfennig.

[5]) Zoncafarbe — eine unentzündliche, wetterfeste und säurefeste Glanzfarbe wird von G. Zonca & Co., Kitzingen a. M., geliefert. Genaueres über die Farbe — namentlich im Vergleiche zur Schuppenpanzer-Farbe und Bessemer-Farbe — siehe in der Broschüre: „Die Zoncafarbe in ihrer Anwendung als wetterfeste, rostschutzbildende Anstrichmasse" nach den Angaben des Chemikers der Kgl. bayr. Staatseisenbahnen Dr. L. Eger usw. von E. Baumann, München 1899. Druck der Akad. Buchdruckerei v. F. Straub. Über das Verhalten der Farbe gegenüber Bakterien vergl. die Münch. med. Wochenschr. 1899, Nr. 9 v. 28/2.

[6]) Die Durabofarbe, von E. Simon-Dresden hergestellt, kann als Grund- wie Deckfarbe Verwendung finden; sie wird mit einem eigens präparierten Firnis versetzt, welcher nicht hygroskopisch ist und demgemäß weder Wasser noch Gase durchläßt. Die eisengraue Farbe soll fünfmal ausgiebiger wie Bleimennige sein, bei normaler Witterung in vier Stunden trocknen, sehr fest am Eisen haften und dessen Formänderungen ohne Schaden folgen. Auf 100 Teile Durabofarbe werden 85,2 Teile Firnis hinzugefügt; zur Streichung von 1 qm werden bei einfachem Überstrich 39 g, bei doppeltem 72 g angemengter Farbe gebraucht.

[7]) Dr. Rothes Inertol (Firma: Paul Lechler-Stuttgart) (vergl. u. a. Z. d. B. 1906 v. 15/9, Nr. 75) gehört zu den bestbewährten neueren Rostschutzmitteln des Eisens, namentlich für Behälter aller Art, für eiserne Wasserleitungsrohre u. dergl., auch unter besonders schwierigen Verhältnissen hat sich hier ein Anstrich mit Inertol als wasserdicht und wasserabstoßend hervorragend bewährt.

Bei größeren Versuchen des Tiefbauamtes in Frankfurt a. M., ihre eisernen Rohrleitungen usw. durch geeignete Schutzanstriche zu sichern, wurden alle marktgängigen Schutzmittel als auch solche erprobt, die in der Fachliteratur als besonders widerstandsfähig gegen aggressive Wässer bezeichnet sind. Aus den vergleichenden Versuchen, welche sich über 2 Jahre hin erstreckten, ergab sich, daß außer Inertol keines der angewendeten Mittel ausreichend widerstandsfähig war.

[8]) Die Danboline der Firma Holzapfel-Hamburg ist ein sehr geeigneter Ersatz für Mennige; sie ist im besonderen giftfrei, nicht feuergefährlich, deckt etwa dreimal so gut wie Mennige und hat sich an vielen Verwendungsstellen und unter verschiedenartigen Verhältnissen als Rostschutz bewährt; vor allem aber ist Danboline durch eine sehr geringe Trockenzeit ausgezeichnet, die für den ersten Anstrich zu rund 3/4 Stunden, für den zweiten zu etwa 1 1/2 Stunden bestimmt worden ist. Es kann mithin Danboline auch zu jeder Jahreszeit verwendet werden, worin ein weiterer bedeutender Vorzug der Anstrichsmasse liegen dürfte.

[9]) Die Dauerfarben von Dr. Münch und Röhrs-Berlin sind auf dem Grundsatze aufgebaut, der Ölfarbe stets diejenige Zusammensetzung zu geben, welche im bestimmten Falle am meisten Widerstand gegen die vorherrschenden Wirkungen verspricht.

Die in schmalzartiger Dichte gelieferten Farben sind mit Doppelfirnis (doppelt gekochtem Leinöl) zu verarbeiten — 1 1/4 kg Firnis zu 4 kg Farbmasse.

[10]) Eine gute Mischung zur Ausführung des Anstriches ist: 8 T. Teer, 2 T. gebrannter Kalk, 1 T. Terpentin oder Petroleum. Der Anstrich hat sich im besonderen in dauernder Berührung mit Wasser, und zwar vielfach auf Mennige-Grundierung, gut bewährt.

zweig und Baumann, Cassel[1]); die Anstrichmasse Crudol von O. Fritze & Co. Offenbach a. M.; Dr. Münch's Lack-Dauerfarben usw. Auch sei die Dauerfarbe Indurin[2]) erwähnt, welche sich als wetterfester, waschbarer, feuerbeständiger Putz, auf allen möglichen Eisenkonstruktionsteilen, wie Säulen, Trägern, in hervorragender Weise bewährt hat, da sie ein besonderes Verrohren, die Anbringung von Drahtgeflechten usw. entbehrlich macht. Das Putzpulver (Indurin) wird mit möglichst wenig kaltem Wasser zu einem Brei angerührt und später mit Wasser bis zur Dichtheit einer Ölfarbe verdünnt. Der auf die Eisenoberfläche aufgebrachte, noch nasse Anstrich wird sofort mit grobem, scharfem Sand beworfen; es entsteht ein steinharter Grund, der den Anschluß eines feinen Putzes, von Stuck u. dgl. gestattet. Da Indurin keine Feuchtigkeit durchläßt, so kann eine Mennigegrundierung des Eisens i. d. R. unterbleiben.

2. Das Überziehen der Eisenoberfläche mit anderen Metallen.

Das Verzinken des Eisens gehört zu den vorzüglichsten Eisenschutzmitteln; seine Anwendung erstreckt sich vorwiegend auf einzelne Teile im Hochbau; für ganze Konstruktionen findet es an der Größe der Verzinkungspfannen seine Grenze. Nach Reinigung — meist mit einer Salzsäurelösung — kommen bei heißer Verzinkung die vorgewärmten Eisenteile in das flüssige Zinkbad. Es bildet sich hierbei auf der Oberfläche des Eisens eine Eisen- und Zinklegierung, welche wetterfest ist und von Säuren kaum angegriffen wird. Diese Schicht wiegt zum mindesten auf 1 qm 0,5 kg.

Neben der heißen Verzinkung, die bei geringerem Querschnitte des Bleches (besonders des Stahlbleches) dessen Festigkeitsverhältnisse ungünstig beeinflußt, ist in neuerer Zeit auch die „kalte" elektrolytische Verzinkung derart ausgebildet worden, daß auch sie einen sehr guten Rostschutz für alle Eisenarten, und zwar ohne jede Benachteiligung für diese gewährt.

Im besonderen werden Dachdeckungsmaterialien und Verkleidungszwecken dienende Eisenbleche — ebene wie gewellte — verzinkt. Ein Nachteil des verzinkten Wellbleches ist sein weniger gutes Verhalten bei Bahnhofshallen u. dergl. gegenüber den Lokomotivgasen namentlich Koks feuernden Maschinen; nicht selten hat sich hier schon nach wenigen Jahren eine teilweise Erneuerung notwendig gemacht[3]).

Ein Zusatz von Zinn zum Zinkbade ist nicht zweckmäßig. Wenn hierbei auch die Außenflächen glatter werden, so wird doch die Widerstandsfähigkeit gegen atmospärische Einflüsse verringert.

---

[1]) Da die Farben stets einem jeweiligen Verwendungszwecke angepaßt werden, so sind entsprechende Angaben notwendig. Ein dreifacher Anstrich genügt vollkommen, um eine harte, glatte, glasurartige Schicht hervorzurufen. Über die desinfizierende Wirkung der Farbe vergl. Zeitschr. für Hygiene und Desinfektionskrankheiten. Bd. XIV. 40. 1902.

[2]) Von R. Avenarius u. Co., Stuttgart, Hamburg, Berlin, Köln. DRW. Nr. 40720.

[3]) Über die Wiederherstellung alter, verrosteter Wellblechdächer siehe: DB. 1904, S. 536, Nr. 87: Die stark von Rost angegriffenen und undicht gewordenen Dächer werden nach einem patent. Verfahren der Firma Louis Lindenberg-Stettin zunächst mittelst Stahldrahtbürsten von Rost und Schmutz befreit und die etwa noch vorhandenen Farbanstriche durch Laugen beseitigt. Alsdann werden die undichten Stellen mit Walzbleiblättchen und Asphaltkitt gut gedichtet, hierauf die Dachflächen mit säurefestem Asphaltlack gestrichen und auf diesen schließlich, gut an die Wellenform angepaßt, imprägnierte Jutegewebe fest aufgedrückt, die endlich noch einen besonderen Schutzanstrich erhalten und mit staubfreiem Sande überstreut werden. Nach Verlauf eines Jahres wird die Sandkruste nochmal überstrichen. Die Kosten der Instandsetzung sollen für 1 qm Dachfläche 2—2,25 Mk. betragen.

Auf vorbeschriebene Weise wird es ermöglicht, Wellblechdächer, denen sonst nur noch ein sehr kurzer Bestand vorauszusagen, noch auf Jahre hinaus zu erhalten, hierdurch also erhebliche Ersparnisse zu erzielen.

Zweckmäßiger ist für manche Sonderanlagen ein nachträgliches Verbleien des verzinkten Eisens. Im besonderen empfiehlt sich dies für chemische Fabriken, Gasanstalten usw., in denen die Luft stark mit Säuredämpfen angefüllt ist, gegen welche Blei einen besseren Widerstand als Zink bietet. Ob eine Verbleiung gegenüber den Rauchgasen der Lokomotiven ausreichenden Schutz zu gewähren vermag, erscheint wahrscheinlich, ist aber durch Versuche und Praxis noch nicht erwiesen.

Verzinnte Eisenbleche finden für Baukonstruktionen keine Verwendung, da die Zinnschicht nur lose mit dem Eisen zusammenhängt und leicht Verletzungen erhält, welche dann ihrerseits — wahrscheinlich durch galvanische Wirkungen — ein besonders starkes Verrosten der frei gewordenen Eisenstellen bewirken.

Verzinkte, verzinnte und verbleite Eisenbleche lassen sich leicht nach ihrem Aussehen unterscheiden. Während die Zinkschicht sich in blumenartigen Zeichnungen, ähnlich den Eisblumen auf der Eisenoberfläche absetzt, ist die Zinnschicht vollkommen gleichartig, silberglänzend, und die Bleischicht matt, blaugrau gefärbt, oft auch stark in dunkleren Tönungen angelaufen.

Neben den genannten 3 Metallen findet auch Kupfer zum galvanischen Überziehen von Eisenblech, namentlich Flußeisenblech (Wackwitz-Metall) für Dachdeckungszwecke u. dgl. Anwendung.

3. Künstliche Oxydation.

Eine künstliche Oxydation des Eisens zum Schutz gegen Rosten — von den Engländern Bower und Barff zuerst durchgeführt — besitzt den Namen: Inoxydationsverfahren. Gegenüber dem Verzinken zeichnet es sich durch geringere Kosten und Unveränderlichkeit bei Temperaturausdehnungen des Eisens aus. Es besteht in der Erzeugung eines Überzuges aus Eisenoxydul-Oxyd, welches — wie auf natürliche Weise bei dem geschmiedeten Körper — außerordentlich fest haftet. Der Überzug selbst wird in besonderen Öfen durch Überleiten von Gasen und Wasserdampf über das erhitzte Eisen hergestellt; da er jedoch wenig Biegsamkeit besitzt, so kann das Verfahren bei Eisenstücken, die nachträglich noch bearbeitet werden sollen, nicht angewandt werden.

Das bisher bei Baukonstruktionen noch wenig übliche Verfahren dürfte für einzelne Konstruktionsteile mit Vorteil Verwendung finden können.

Außer diesem, durch einen Überzug des Eisens bewirkten Rostschutze der Konstruktionen hat man auch in der Anordnung dieser selbst ein sehr wichtiges Mittel, dem Rosten vorzubeugen. Bei der Zusammenführung der einzelnen Teile sind Stellen — wie enge offene Schlitze, offene Fugen u. dgl. — sorgfältig zu vermeiden, da in diesen die Feuchtigkeit sich festsetzt, der Anstrich kaum erneuert werden kann und so die Gefahr der Rostbildung eine große ist. Ist es hier nicht möglich oder angängig, die Fuge durch ein Füllblech zu schließen, so ist — nötigenfalls durch Bohren von Abflußöffnungen — für eine ausreichende Ableitung etwa eindringenden Wassers Sorge zu tragen, oder die Lücke mit Eisenkitt auszufüllen.

§ 88. Das Verhalten der Eisenkonstruktionen im Feuer.

Obwohl das Eisen einem Schadenfeuer selbst keine Nahrung gibt, kann es nicht zu den feuersicheren Materialien gerechnet werden. Bei starker Hitze verbiegt es sich unter der zu tragenden Last, verliert seine Tragfähigkeit und führt so den Einsturz der Kon-

struktion herbei. Vornehmlich liegt diese Gefahr in Gebäuden vor, welche größere Mengen brennbarer Stoffe bergen, also in Warenhäusern, Speichern, Bibliotheken, Archiven u. dgl. Bei den gewöhnlichen Eisenbauten ist nur selten eine besondere Rücksicht auf Feuersgefahr geboten. Darüber, welche besonderen, in Eisen konstruierten Gebäudeteile vornehmlich die Ursache von Einstürzen bei Feuer sind, läßt sich kein allgemeines Urteil abgeben; bald sind es die auf den Säulen gelagerten Unterzüge, welche einknicken und so die Säulen zum Umkippen oder Zerbrechen bringen oder die Umfassungswände mit sich reißen, bald die Stützen selbst, welche springen oder zusammenstürzen und die von ihnen getragene Konstruktion nach sich ziehen. Auch bewirkt oft die starke Ausdehnung der Eisenteile im Feuer eine Zerstörung der anschließenden, mit ihnen fest verbundenen Konstruktionsteile, im besonderen der Umfassungswände. Es erscheint deshalb geboten, einerseits alle Eisenteile möglichst dem unmittelbaren Angriffe des Feuers zu entziehen, andererseits darauf zu achten, daß die einer Temperaturerhöhung — etwa bis zu 500°[1]) — entsprechende Ausdehnung eiserner Balken u. dergl. soweit notwendig und möglich, ohne Gefährdung des Baues vor sich gehen kann. Die erstere Forderung wird erreicht sowohl durch Umkleidung der dem Feuer ausgesetzten Flächen mit die Wärme schlecht leitenden Stoffen — Zement und Gipsdielen, Monier- und Rabitz-Putz, Magnesitplatten, Xylolith, Asbestzement, Korkplatten usw. — auch durch eine möglichste Einschließung der Eisenteile in umgebendes Mauerwerk, besonders der Unterzüge und Kappenträger in die Deckenkonstruktion und ähnliches mehr, während die zweite Forderung nur durch besondere konstruktive Maßnahmen, Gelenkträger, richtige Lager-Ausbildung usw. erfüllt werden kann.

Über die **Feuersicherheit eiserner Stützen** sind in den Jahren 1893 und 1895 im Auftrage des Hamburger Senates vergleichende Versuche in größerem Maßstabe zur Ausführung gelangt. Aus denselben ergibt sich zunächst in bezug auf Schmiedeeisen als Konstruktionsmaterial:

Schmiedeeiserne Säulen, welche mit einer zulässigen Spannung von 1000 kg/qcm auf Druck beansprucht werden, verlieren bei einer Temperatur von 550—620° C ihre Tragfähigkeit; hierbei zeigen sich keine bemerkenswerten Unterschiede in dem Verhalten schweiß- und flußeiserner Stützen. Eine Ausfüllung der Stützen mit Beton – die, um einer Rostgefahr vorzubeugen, mit großer Genauigkeit auszuführen ist — erhöht die Widerstandskraft der Säulen nur unwesentlich, indem das Eintreten der Tragunfähigkeit nur um etwa 15 Minuten herausgeschoben wird, vergrößert aber die seitliche Ausbiegung der Stützen beim Anspritzen derselben. Eine passende Ummantelung, deren zweckmäßige Ausführung weiter unten besprochen wird, kann die Feuersicherheit in sehr beachtenswerter Weise vergrößern.

Bei der Untersuchung des Widerstandes gußeiserner Säulen gegen Feuer zeigte sich, daß diese, bei einer gestatteten Druckbeanspruchung von 500 kg/qcm, ihre Tragfähigkeit erst bei 800° C, also bedeutend später als Stützen aus Schmiedeeisen verloren. Von Wichtigkeit für das Verhalten des Gußeisens im Feuer sind — abgesehen von der Temperatur — die Stärke der Wandung, sowie die Größe der Belastung; bezüglich der ersteren ergab sich, daß die Verstärkung der Säulenwand um mehr als das Doppelte den Widerstand nur um etwa 50% zu erhöhen vermochte; bezüglich der lezteren zeigte sich das Gesetz, daß die Erwärmung bei abnehmender Belastung steigen muß, um eine

[1]) Bei Temperaturen über 500° tritt keine weitere Verlängerung der Träger in ihrer Längsachse ein, weil alsdann die Träger sich stark durchbiegen; hierbei können aber nunmehr die Träger der Umfassungsmauern, wenn sie mit ihnen fest verbunden sind, nach innen reißen.

Zerstörung hervorzurufen, daß die Belastung also für die Feuersicherheit durchaus nicht gleichgültig ist.

Die zum Schutze der Säulen verwendeten Ummantelungen haben sowohl die Stützen vor dem unmittelbaren Angriffe des Feuers zu sichern und diesem eine, die Wärme schlecht leitende Schicht entgegenzusetzen, als auch die Säulen gegen mechanische Angriffe — das Herabstürzen von Trägern, Steinen usf., das Auftreffen des Wasserstrahls der Feuerspritze u. a. m. — zu schützen. Aus den Versuchen ergibt sich zunächst allgemein, daß es nicht zweckmäßig ist, zwischen den Säulen und dem Mantel eine isolierende Luftschicht anzuordnen, da ersterer alsdann den mechanischen Angriffen weniger Widerstand zu leisten vermag, zudem großen Raum verlangt; von großem Vorteile ist es aber, die Stützen selbst mit einem inneren Luftdurchzuge zu versehen.

Ohne erheblichen Einfluß ist es ferner, ob der Mantel aus einzelnen Stücken und auseinandernehmbar konstruiert ist, oder in dauernd festem Zusammenhange mit der Säule steht; wichtig aber ist, daß die Ummantelung eine äußere Umhüllung von mehr als 2 mm starkem Eisenbleche erhält, weil erst diese den Zusammenhalt des Mantels gegenüber den mechanischen Einwirkungen, besonders dem Spritzenstrahle, sichert.

Am besten hat sich von den für die Ummantelung zur Verwendung gelangten Baustoffen bewährt: eine Umhüllung aus 75% Asbest und 25% Kieselgur zusammengesetzt, in Form einer aus Asbest geflochtenen, mit Asbest und Kieselgur getränkten Matte oder in Pappenform um die Säule gelegt; in zweiter Linie folgten Ummantelungen mit Korksteinen und zwar solchen mit einer inneren Isolierschicht aus Tuffstein, Asbest und Kieselgur gemischt[1]), oder — bei schmiedeeisernen Säulen — aus einem inneren Futter von Xylolith oder Holz, angebracht und mit Zementputz außen gesichert; fast gleichwertig zeigte sich Monierumhüllung mit innerem Luftzug durch die Stütze, alsdann folgte Asbest-Zement in Verbindung mit Monier, weiter Korksteinumhüllung ohne Zementputz.

Am billigsten von den vorgenannten Ummantelungs-Baustoffen stellte sich Korkstein; alsdann folgten Monier-, Asbest-Zement und zum Schlusse — am teuersten — die Asbest- und Kieselgurumkleidung.

Als andere zweckmäßige und als feuersicher erprobte Schutzstoffe sowohl für Säulen als auch für Träger usw. seien ferner genannt: a) rheinische Schwemmsteine mit Zementmörtel vermauert und 1 cm stark mit solchem verputzt; b) Kunsttuffstein[2]); c) Ummantelung mit Drahtziegeln[3]) und Zementverputz; d) Macks Feuerschutzmantel[4]), der Hauptsache nach aus zusammenrollbaren, kleinen trapezförmigen Gipsdielen von 15—20 mm Stärke bestehend, die auf Jutegewebe aufgeklebt sind und somit sich leicht an gekrümmte oder eckige Flächen anschmiegen; e) Ummantelung mit Feuertrotz, aus drei übereinander an Ort und Stelle angebrachten Schichten hergestellt, deren unterste aus Kieselgur, deren mittlere aus einem leicht verbrennbaren Stoffe (Wollstaub, Sägespänen usw.) besteht, während die Außenschicht — die Sinterschicht — aus Ton u. dergl.

---

[1]) Diese innere Schicht hatte den gleichen Nutzen wie die Verstärkung der Korkschicht um 1 cm.

[2]) Hergestellt von Dr. L. Grote in Ülzen (D.R.P.), bestehend vorwiegend aus Kieselgur und Gips. Mantelstärke ausschließlich der 1 cm starken Verputzschicht 4—5 cm. (Vergl. S. 192—194.)

[3]) von Stauß in Cottbus (D.R.P.). Das Drahtziegelwerk besteht aus einem Drahtgeflecht mit viereckigen Feldern und aufgepreßten, hartgebrannten Tonkörperchen. Das Gewicht beträgt für 1 qm 4½ kg, die übliche Größe der in jeder Richtung biegsamen Tafeln 5 m × 1 m. (Vergl. S. 322. Abb. 129.)

[4]) D.R.M. Nr. 15299. Die Dielen werden zur Ummantelung von Säulen entweder auf Gipsringe aufgenagelt, welche in etwa 50 cm Abstand unmittelbar auf der Oberfläche der Säule hergestellt werden, oder auf einer durchgehenden Schicht von Bimsbeton aufgetragen und zum äußeren Schutze verputzt.

gebildet, sich unter der Einwirkung des Feuers in eine schlackenartige Masse verwandelt. Es wirkt hierselbst mithin die innerste Schicht als Isoliermittel, den Eisenkern vor hohen Wärmegraden schützend, während die mittlere „veraschende" Lage unter dem Einflusse des Feuers in Asche verwandelt wird. In dieser Form wirkt sie als schlechter Wärmeleiter; mit der Sinterschicht schließlich ist bezweckt, einen Mantel zu erzeugen, der gegen Anspritzen widerstandsfähig ist und bei Bildung einer festen Kruste — ähnlich wie die Veraschung der Mittelschicht — erhebliche Wärmemengen verbraucht[1]); f) Plutonit, eine Asbest-Feuerschutzmasse, die unter dem Einflusse hoher Wärme ebenfalls sintert[2]).

In Amerika, woselbst das Umhüllen eiserner Säulen schon seit Jahrzehnten üblich ist, werden zu diesem Zwecke fast ausschließlich gebrannte, meist hohle, Tonplatten und Hohlziegelsteine verwendet, welche sich der Form der Säulen möglichst anschließen und durch Stahlklammern gegenseitig gehalten werden. Das Äußere der Umkleidung ist zur Aufnahme eines Putzüberzuges mit Rillen versehen[3]).

Es sei jedoch auch darauf hingewiesen, daß die Feuersicherheit einer vorwiegend auf eisernen Stützen ruhenden Konstruktion nicht nur eine Frage des Materials, sondern auch der konstruktiven Durchbildung ist. Im besonderen sind hier die möglichst ungünstigen exzentrischen Belastungen der Säulen in Rechnung zu stellen und gußeiserne Stützen in derartigen Gebäuden so zu konstruieren, daß sie auch unter der gleichzeitigen Einwirkung der ungünstigen Belastungen keinerlei oder nur geringe Zugspannungen erleiden. Denn es können, wie die Erfahrung gezeigt hat, gußeiserne Stützen auch bei starker Erhitzung zwar noch einen großen Druck aushalten, sie besitzen alsdann aber eine stark verminderte Zugfestigkeit.

Durch geeignete Umhüllungen lassen sich auch bei in Ziegel ausgemauerten Eisenfachwerkswänden die Einwirkungen eines länger andauernden Brandes abschwächen. Wenn sich auch hier, nach den Hamburger Versuchen, eine Luftschicht zwischen der Mauer und dem Putz nicht als zweckmäßig erzeigen dürfte, so werden doch geeignete, die Wärme schlecht leitende Verkleidungen von günstiger Einwirkung sein; als solche sind zu nennen: Rabitzputz, Monierkonstruktion (auch zur Ausfachung geeignet), Streckmetall mit Putz, Gipsdielen u. dergl. mehr.

Einen ganz hervorragenden Feuerschutz des Eisens bildet seine Einbettung in Zementbeton m. a. W. die Eisenbetonbauweise, auf die in Teil V genauer eingegangen wird.

[1]) D.R.P. 130 180 und 103 534 der deutschen Feuertrotz-Gesellschaft. Die innere Schicht hat, auf einem losen, gazeartigen Gewebe aufgebracht, die Form des Mackschen Feuerschutzmantels und ist wie dieser aufrollbar. Zum äußeren Schutze der fertigen Hülle wird zweckmäßig ein Eisenmantel umgelegt.

[2]) Die Masse wird in Teigform in den Handel gebracht und an der Verbrauchsstelle mit 25 % Zement (Gew.-Teilen) und unter Zusatz von etwas Wasser gleichmäßig durchgearbeitet. Eine 3 cm starke Umhüllung wird als ausreichend bezeichnet.

[3]) In Deutschland sind besondere Formsteine für die Ummantelung von Säulen noch nicht eingeführt. Höchstens haben hier ausnahmweise mit dem Hammer roh bearbeitete Ziegel oder Schamottesteine Anwendung gefunden.

B. Blei, Kupfer und Zink.

Kapitel XXVIII.

Die Metalle Blei, Kupfer und Zink in ihrer Verwendung im Hochbau und Bauingenieurwesen.

§ 89. Das Blei.

Das nur selten gediegen in der Natur auftretende Blei wird aus seinen Erzen und zwar durch Rösten oder Reduktion je nach den Beimengungen, in neuester Zeit vielfach auch auf elektrolytischem Wege gewonnen. Als Erze kommen vorwiegend in Frage: Schwefelblei, Bleiglanz mit 86,5% Pb, daneben untergeordnet Bleispat (Weißblei), Bleiphosphate und schwefelsaures Bleioxyd. Da das bei der Herstellung gewonnene „Werkblei" in der Regel noch kleinere Mengen anderer Metalle enthält, ist eine Verbesserung durch Umschmelzen üblich; unter Umständen lohnt sich auch eine Entziehung des im Rohblei enthaltenen Silbers, entweder durch Abtreiben, d. h. ein Schmelzen des Bleies und Oxydieren dieses durch Gebläseluft bis auf den Silberrückstand oder eine Ausscheidung vermittelst von Zink; letzteres, dem flüssigen Bleibad zugesetzt, entzieht diesem das Silber, steigt mit ihm nach oben und erstarrt auf seiner Oberfläche, von der es abgehoben werden kann.

Blei ist ein weiches, sehr biegsames, sehr schweres, dehnbares, zähes, hämmer- und walzbares Metall von matt blaugrauer, an frisch abgeschabten Stellen silberweißer Färbung. Mit 5—10% Antimon versetzt, steigt seine Härte und Druckfestigkeit erheblich; es entsteht „Hartblei", das vornehmlich in Platten von mindestens 3 mm Stärke verarbeitet wird. Das Raumgewicht beträgt rd. 11,40, die lineare Ausdehnung bei einer Temperaturveränderung um 1° C : 0,0000285 = rd. $\frac{1}{350}$; der Schmelzpunkt liegt bei 376° C.

Das in jeder Beziehung leicht bearbeitbare und bequem zu verarbeitende Metall gestattet die Herstellung von Gußwaren, es läßt sich zu Blechen auswalzen, zu Rohren pressen, zu Draht ausziehen, in beliebige Form durch Hämmern bringen usw. In trockener Luft und luftfreiem Wasser oxydiert Blei nicht. Brunnen-, Quell-, Grund- und Flußwasser erzeugen infolge ihres mehr oder weniger großen Gehaltes an kohlen- und schwefelsauren Salzen auf der Oberfläche des Bleies einen in Wasser nur sehr gering löslichen Überzug von kohlensaurem oder schwefelsaurem Bleioxyd; hierdurch ist die Verwendungsmöglichkeit von Bleirohren für unser gewöhnliches Leitungswasser gestattet, wenn auch naturgemäß eine innere Verzinkung u. dergl. immer noch größeren Schutz gegenüber Bleivergiftungen gewährt. Hingegen erzeugt das Regenwasser in Berührung mit Blei in Wasser lösliches Bleioxydhydrat, wodurch eine gesundheitliche Gefährdung bedingt ist.

Ätzkalk zerstört Blei bei Luftzutritt, Chlor und Salpeter befördern auch in kleineren Mengen die Oxydation; der bei feuchter Luft sich auf der Oberfläche des blanken Bleies bildende Überzug bildet einen dauernden guten Schutz desselben vor weiterer Einwirkung der Atmosphärilien. Zum Löten von Blei wird ein Metall aus 2 Gewichtsteilen Blei und

1 Gewichtsteil Zink verwendet; nur dort, wo, wie bei Bleirohren, das Löten mit Hilfe einer Wasserstoffstichflamme erfolgt, wird reines Blei benutzt.

Die Festigkeitszahlen sind für:

	auf Zug-	auf Druck-	auf Schub-Beanspruchung	
weiches Blei	150	125—300	75	kg/qcm
Hartblei	300	500	120	kg/qcm

Als Elastizitätszahl kann etwa 50000 kg/qcm eingeführt werden.

Als Sicherheit genügt zur Ermittelung der zulässigen Spannung eine fünffache. — Die Hauptverwendungsgebiete des Bleies im Baufach sind:

a) Bleche, durch Auswalzen gewonnen, von sehr verschiedenen Abmessungen; das Gewicht eines qm des 1 mm starken Bleches beträgt 11,5 kg; hieraus sind die Gewichte anderer Stärken abzuleiten. Von den Freiberger Hüttenwerken werden z. B. Bleche geliefert von 0,5—12 mm Stärke, in Längen von 3,0—10,0 m, Breiten von 1,5 bis 3,0 m und einem Höchstgewichte von 1200 kg. Für Dachdeckungen im besonderen sind Bleche von 1,5—2,0 mm Stärke, 80—100 cm breit, und 10—15 m lang üblich. Weitere Verwendungsgebiete sind: die Isolierung und Abdeckung von Mauern durch Bleibleche, deren Breitenabmessungen der Mauerstärke sich anpassen, die Abdeckung von Gewölben, im besonderen bei Kanalbrücken, Gelenkeinlagen in Steinbrücken (im inneren Drittel, meist Hartblei) zu Unterlagsplatten aller Art zum Zwecke gleichmäßiger Drucküberleitung von Säulen, Trägern u. dergl.

Hierher gehören auch: A. Siebels Patent-Bleiisolierungen, bestehend aus einer Bleieinlage zwischen zwei Außenlagen aus bester Wollfilzpappe, die mit gereinigtem, besonders hergerichtetem Asphalt vollkommen durchtränkt sind. Je nach dem Verwendungszwecke wird die Bleieinlage 1 fach (Marke A), 1½ fach (B), 2 fach (C), 3 fach (D) (auch noch stärker) genommen. Um eine vollkommene Gleichmäßigkeit in der Dicke der Bleieinlagen zu sichern, werden die Folien nur bis zu 1 m Länge gewalzt und zu Rollen von 10—20 m Länge aneinander gelötet. Verwendung 1) zu Mauerisolierungen bis zu 90 cm Breite in Rollen von 20 m, von da an in 10 m Länge, für jede Mauerbreite erhältlich und einfach auf dem Mauerwerke abzuwickeln. $G \cong 6$ kg/qm (einfach). 2) Zu größeren Flächenabdeckungen (zu Gewölben, Brücken, Dächern, Behältern usw.) in Rollen von $B = 1$ m, $L = 10$ m und größerer Stärke der Bleieinlage[1]).

b) Als Gußblei wird Blei zur Befestigung von Metallkonstruktionen in Stein, zum Ausgießen der Muffen gußeiserner Rohre u. dergl. verwendet.

c) Bleirohre. Die gepreßten oder gezogenen, über 14 cm Durchmesser hinaus, gelöteten Rohre sollen gleichmäßigen Querschnitt besitzen und keine Fehlstellen aufweisen. Je nach dem Anwendungszwecke werden unterschieden:

Gasleitungsrohre von 4—25 mm l. W. und 1,5—3 mm Wandstärke. Weichbleirohre für Wasserleitungen von 10—80 mm l. W., 2,5—7,5 mm Stärke und in Längen von 5—30 m. Zum Schutze gegen die Einwirkung des Wassers können sie im Innern verzinkt oder durch die Einwirkung von Schwefelnatrium mit Schwefelblei überzogen werden.

d) Abflußrohre von 25—150 mm l. W.

[1]) Die Preise betragen für 1 qm: Marke A (1 fach) rd. 2,00 Mk.
B (1½ „) „ 2,55 „
C (2 „) „ 3,00 „
D (3 „) „ 3,80 „

Als Normalien sind hier vom Preuß. Ministerium (durch Erlaß vom 20. XI. 1905) festgesetzt[1]):

L.W. =	25	30	40	50 mm
Wandstärke =	3,0	3,5	4,0	4,5 —
Gewicht für 1 m =	3,0	4,2	6,3	7,7 kg

Ihre Länge beträgt höchstens 4,0 m.

e) Bleidraht. — Freiberger Handelsdraht 1—15 mm stark, als Weich- und Hartbleidraht geliefert.

Die Gewichte betragen für 100 m bei einer Drahtstärke von:

1	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0 mm
10,9	26,8	32,2	72,5	128,0	200,0 kg

Die Elastizitätszahl des Drahtes kann zu rund 70000 kg/qcm gerechnet werden, seine Zugfestigkeit beträgt bei dem weichen Material rund 170, bei Hartblei rund 220 kg/qcm.

§ 90. Das Zink.

Zink wird aus seinen Erzen — namentlich der Zinkblende und dem Zinkspat[2]) — durch Reduktion, bzw. Aufschließen dieser in Schacht- oder Flammöfen unter Zusatz geeigneter Zuschläge durch Destillation, endlich auf elektrolytischem Wege gewonnen. Das bei dem erstgenannten Verfahren in flüssigem Zustand erzeugte Zinn, das Werkzinn, wird durch Umschmelzen — namentlich zum Zwecke der Abscheidung bleireicher Teile — gereinigt.

Das Raumgewicht des gegossenen Zinkes beträgt 6,00, des gewalzten und gehämmerten rund 7,2.

Die Temperaturausdehnung ist eine sehr große, und beläuft sich i. M. für 1° C auf 0,00003, ist also $2^1/_2$ mal so stark als die des Eisens.

Das blauweiße, metallisch glänzende, mit kristallinisch blätterigem Bruche ausgezeichnete Metall ist bei normaler Temperatur spröde aber hämmerbar. Bei 100 bis 150° wird es geschmeidig und gut verarbeitbar, es läßt sich alsdann zu sehr dünnen Platten (Zinkfolie) auswalzen. Ein Zusatz von 0,5 v. H. an Blei erhöht die Geschmeidigkeit.

Zink gießt sich leicht und füllt hierbei die Formen gut aus, namentlich bei nicht zu hoher Temperatur, am zweckmäßigsten bei 360° C. Bei höherer Schmelztemperatur wird der Guß durch Aufnahme des sich hier bildenden Zinkoxydes porös. Der Guß selbst erfolgt in Lehm- oder Ton-, auch Sandformen — auch in vorgewärmten Formen aus Eisen, Bronze u. dergl. Größere Gußstücke sind stets aus einzelnen Teilen zusammenzulöten, und zwar unter Verwendung eines aus 2 Gewichtsteilen Blei und 1 Gewichtsteil Zink bestehenden Lötmaterials. — In feuchter Luft überzieht sich Zink mit einer sehr dünnen, aber recht wirksamen Schutzschicht von halbkohlensaurem Zinkoxyd.

Die Elastizitätszahl kann zu 150000 kg/qcm angenommen werden. Die Zugfestigkeit beträgt in der Walzrichtung rund 1600 kg/qcm, senkrecht hierzu

[1]) Vergl. Z. d. B. 1905. S. 613.

[2]) Zinkblende enthält rd. 67 v. H. Zink, Zinkspat — Galmei — etwa 65 v. H. Daneben kommen — wenn auch untergeordnet — noch in Frage: Kieselsaures Zinkoxyd (Kieselgalmei) und das durch Mangan und Eisen rot gefärbte Zinkoxyd — Rotzinkerz.

etwa 2500 kg/qcm, während die Druckfestigkeit rund 1000 kg/qcm ist. Als zulässige Belastungszahlen sind anzunehmen für:

Zug, Druck und Schub . . 200 kg/qcm
für Biegung . . . . . 150 kg/qcm.

Zink findet eine ziemlich vielseitige Verwendung im Baufache. Hier sind besonders zu nennen:

a) Die Anwendung als Zinkguß, für Ornamente aller Art, für Verkleidung der Köpfe und Füße guß- und flußeiserner Säulen, für Dach- und Turmspitzen (oft auch getriebene Arbeit) usw.

b) Verwendung in Blechform.

α) Glattes Zinkblech. Es findet Verwendung für Dachdeckung, Abfallrohre, Gesimsabdeckung usf., und wird in 26 Stärken ($\delta = 0{,}1$ bis 2,68 mm) gewalzt, von denen meist nur die Nummern 12 bis 16 baulich verwendet werden, und zwar:

Nr. 12 13 14 15 16 } Gewicht für 1 qm bei 1 mm Stärke:
$\delta = 0{,}6$ 0,74 0,82 0,95 1,08 mm } 6,8 kg.

Es dient zu Dachdeckungen Nr. 14—16, zu Abfallrohren Nr. 12 sowie 13, 14 und 15 zum Gesimsabdecken, 14 für Dachrinnen. Blechtafelgrößen: $L_{max} = 3{,}0$; $B_{max} = 1{,}65$ m; gewöhnliche Tafelabmessungen: 0,65 · 2,0; 0,8 · 2,0; 1,0 · 2,0; 1,0 · 2,25; 1,0 · 2,5 m.

Auch sei erwähnt, daß aus Zinkblech Schindeln, Dachplatten u. dergl. hergestellt werden; sie sind, wie überhaupt stets Zinkbleche, um das Auftreten galvanischer Ströme auszuschließen, mit verzinkten Nägeln oder Zinknägeln auf ihrer Unterlage zu befestigen.

β) Zinkwellblech. Durch die geringe Tragfähigkeit der Zinkwellbleche ist ihre Verwendung gegenüber dem gleichartigen Eisenmaterial eine beschränkte.

Nachstehend seien die Zinkbleche der Schlesischen A.-G. für Bergbau und Zinkhüttenbetrieb zu Lipine in Oberschlesien mitgeteilt.

Die Bleche A—D werden in Stärken bis Nr. 16, E (vorwiegend nur auf Schalung verwendet) bis Nr. 12 geliefert.

Profil-Bezeichnung	Wellen-		Größte Tafel-		Querschnitt für 1 m Tafelbreite	Gewicht für 1 qm Wellblech	Widerstandsmoment für 1 m Tafelbreite	Bemerkungen	
	Breite	Höhe	Länge	Breite	und für 1 mm Blechstärke				
	mm	mm	m	m	qcm	kg	cm³		
A	117	55	3,00	1,12	15,1	10,9	20,9	Vorkommende Plattengröße in m: 0,62 . 2,0; 0,89 . 3,0; 1,12 . 3,00	Für eine Blechstärke von δ mm sind die Querschnitts-, Gewichts- und Widerstandsmomente δ-mal so groß.
B	100	32	3,00	1,30	12,5	9,03	10,4	desgl. in m: 0,84 . 2,00; 1,08 . 3,0; 1,3 . 3,0	
C	110	32	3,00	0,80	12,1	8,73	10,0	desgl. in m: 0,8 . 3,0	
D	60	14	2,67	1,50	11,39	8,20	4,2	desgl. in m: 1,0 . 1,78; 1,5 . 2,67.	
E	20	6	2,64	1,60	12,25	8,82	1,9	desgl. in m: 1,6 . 2,64	

Profil A wird auch bombiert nach Halbmessern $\geqq 1{,}5$ m in den Handel gebracht.

γ) Zinkdraht, vorwiegend zu Metallflechtwerken verwendet, da er nicht so schnell wie Eisendraht durch die atmosphärischen Einflüsse zerstört bzw. angegriffen wird.

δ) Die Anwendung von Zink zum Rostschutze des Eisen, vgl. S. 554.

§ 91. Das Kupfer.

Das aus seinen Erzen — heute vorwiegend auf elektrolytischem Wege — hergestellte Kupfer ist im gereinigten Zustande ein stark glänzendes rotes Metall, mit zackigem Bruch. Es läßt sich walzen, erlangt hierdurch eine faserige Struktur, ist hämmerbar, gut politurfähig, sehr dehnbar und ein recht guter Leiter für den elektrischen Strom. Zum Gießen kann Kupfer nicht verwendet werden, weil es in geschmolzenem Zustande Luft aufnimmt, die bei späterer Abkühlung wieder entweicht und hierbei den Guß porös und blasig machen würde.

Während sich Kupfer an trockener Luft unverändert erhält, überzieht es sich bei Feuchtigkeit mit einer prächtig grünfarbenen, matten Schicht von basisch kohlensaurem Kupferoxyd — Patina —, die auch künstlich auf chemischem Wege erzeugt werden kann und einen vorzüglichen Schutz des Kupfers gegen die Einflüsse der Atmosphäre bildet.

Walzkupfer hat ein Raumgewicht von 8,9; es soll so rein sein, daß 99,0 % reines Kupfer sind.

Die Schmelztemperatur liegt i. M. auf 1050° C, die Temperaturausdehnungszahl ist 0,0000164.

Die Anwendung von Kupfer im Bauwesen erstreckt sich — abgesehen von Teilen des Maschinenbaues — auf die Erzeugung von Blechen, Rohren, Draht und Ausführungen von Gußarbeiten, wenn auch nur in Legierungen.

a) Kupferbleche gelangen mit einer größten Länge von 6,0 m und einer Größtbreite von 2,5 m in den Handel; meist angeforderte Abmessungen sind: Länge 1,5—2,0 m, Breite 0,75—1,00 m. Für Dachdeckungszwecke wird Blech von 1—1,25 mm Stärke, für Rinnen von 0,75 mm, zur Druckverteilung unter Lagerplatten u. dergl. von 1 bis 2 mm Stärke verwendet. Das Gewicht ist bei 1 mm zu 8,9 kg/qm zu rechnen. Die Elastizitätszahl für Druck und Zug beträgt 1150000 kg/qcm, die Zugfestigkeit rund 2500[1]) kg/qcm (3800 kg/qcm bei dem elektrolytisch gewonnenen Metall); die zulässige Beanspruchung kann bei gehämmertem Blech, dessen Elastizitätsgrenze auf rund 1200 kg/qcm liegt, i. M. auf Zug zu 900, auf Druck zu 700, auf Abscheren zu 500 kg/qcm gerechnet werden; bei Walzblech, bzw. geglühtem Kupferblech stellen sich die gleichen Zahlen in der obigen Reihenfolge auf:

300	200	150 kg/qcm
bzw. auf 250	150	100 kg/qcm.

Die angelieferten Kupferbleche sollen gleichmäßig stark, nicht brüchig, blätterig oder löcherig sein, dürfen auch keinen Grünspan zeigen.

b) Kupferrohre; ähnlich den Eisenrohren werden sie ohne Naht durch besondere Walzverfahren hergestellt oder aus Blechen gebogen und gelötet bzw. gezogen oder gehämmert. Nahtlose Rohre werden i. d. R. mit 1—5 mm Wandstärke und 10 bis

[1]) Diese Festigkeit entspricht einer Dehnung von etwa 35 % und einer Einschnürung von 45—50 %.

250 mm Lichtweite, solche mit Naht in ähnlichen Abmessungen bis 300 mm Durchmesser geliefert. Ihre Zähigkeit soll so groß sein, daß sie sich über einen Dorn, dessen Durchmesser gleich der dreifachen Rohrstärke ist, herumbiegen lassen, ohne zu reißen.

c) Kupferdraht findet sich in 62 Nummern von 0,21 bis 21,9 mm Durchmesser im Handel; er kommt in Ringen zum Verkauf von 0,5—12,5 kg Gewicht.

Das Gewicht für 100 kg Draht beträgt bei einem Durchmesser von:

1 mm	2 mm	5 mm	10 mm
0,707	2,828	17,62	70,7 kg.

Die Elastizitätszahl ist rund 1210000 kg/qcm, die Proportionalitätsgrenze liegt bei etwa 1200 kg/qcm, die zulässige Zugspannung kann zu 700 kg/qcm festgesetzt werden.

d) Wie vorerwähnt wurde, eignet sich reines Kupfer nicht, sondern nur in Legierung zum Guß. Als solche kommen in Frage:

α) Rotmetall mit einem Zusatz von 16—20% Zink.

β) Gelbmetall — Messing mit 20—30% Zink,
einem Raumgewichte von 8,6.
einer Druckfestigkeit von 800 kg/qcm,
einer Zugfestigkeit von 1200—1500 kg/qcm,
einem $E = 800000$ kg/qcm und
einer Proportionalitätsgrenze von 650 kg/qcm.

γ) Weißmessing mit 50—80% Zink, nur für untergeordnete Zwecke.

δ) Bronze aus Kupfer und Zinn, u. U. auch etwas Zink und Blei. Hier unterscheidet man die nur Zinn und Kupfer enthaltende edle Bronze und die zudem die vorgenannten Metalle, wenn auch in kleinen Mengen aufweisende, moderne Bronze. Ein geringer Zusatz von Phosphor (0,1—1%) zur edlen Bronze erhöht deren Festigkeit, Zähigkeit, Polierbarkeit und Gußfähigkeit erheblich; auch läßt sich eine derartige Phosphorbronze gut auswalzen. Die Zugfestigkeit der Bronze beträgt rund 2400—3000, ihre Elastizitätszahl 900000; ihre Proportionalitätsgrenze liegt bei etwa 900 kg/qcm, als Raumgewicht kann 8,7 gerechnet werden.

Neben der Verwendung zu Statuen, Glocken, Medaillen usw. findet Bronze auch als Draht Benutzung; hier ist neben dem normalen Bronzedraht von etwa 4600 kg/qcm Zugfestigkeit, der Silizumbronzedraht (Zugfestigkeit $>$ 6500 kg/qcm) und der verbesserte Phosphorbronzedraht — (Höpermetall mit einer Zugfestigkeit $>$ 6300 kg/qcm) besonders hervorhebenswert. —

Eine besondere, goldähnliche Abart bildet die aus 10 v. H. Aluminium und 90 Teilen Kupfer bestehende Aluminiumbronze mit einer Druckfestigkeit von rund 9000 kg/qcm und einer Zugfestigkeit = 5000 kg/qcm.

Zum Löten von Kupfer wird ein Metall aus 9 Teilen Messing, 3 Teilen Zink und 1 Teil Zinn verwendet.

Da der Kupferpreis stark und in kurzen Zeiträumen schwankt, so ist es notwendig bei Ausschreibungen festbestimmte Lieferfristen, vor allem aber kurze Zuschlagsfristen vorzusehen. Im gleichen Sinne empfiehlt es sich für Nachlieferungen den Preis des Bestellungstages — also nicht den Submissionspreis — zugrunde zu legen.

Literatur-Nachweisung.

Abkürzungen: Z. d. B. = Zentralblatt der Bauverwaltung. D. B. = Deutsche Bauzeitung. Z. d. V. d. I. = Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. St. u. E. = Stahl und Eisen. Z. f. A. u. I. = Zeitschrift für Architektur und Ingenieur-Wesen. H. Z. = Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins. Ö. Z. = Zeitschrift des österr. Arch.- und Ingen.-Vereins. Bm. = Baumaterialienkunde. Dingl. P. J. = Dinglers Polytechn. Journal. Schw. Bztg. = Schweizer Bauzeitung.

1. L. Beck, Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung.
2. B. Neumann, Die Metalle, Geschichte, Vorkommen und Gewinnung. Halle a. S. Verlag von W. Knapp. 1904.
3. G. Mehrtens, Notizen über die Fabrikation des Eisens und der eisernen Brücken. Berlin 1882. Sonderabdruck aus der deutschen Bauzeitung 1882.
4. G. Mehrtens, Eisen und Eisenkonstruktionen in geschichtlicher, hüttentechnischer und techno. logischer Beziehung. Berlin 1887. (Teil des Handbuches der Baukunde. I. Bd., II. Heft, 1. Verlag Ernst Toeche, Berlin.)
5. R. Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. Dritter Teil. Eisenkonstruktionen. Berlin 1885. II. Abschnitt. A. Das Eisen als Konstruktionsmaterial der Gegenwart. S. 29—34.
6. Stahl und Eisen von A. Wurm. Sammlung Kösel. Verlag J. Kösel. Kempten u. München.
7. Schmelzerei, Gießerei und Putzerei v. A. Vieth. Bremen. Verlag v. Gustav Winter. 1906.
8. Gießerei und Gußwaren, kurze Beschreibung der zum Gießen verwendeten Eisenarten und der daraus erzeugten Gußwaren v. A. Vieth. Bremen. Verlag von Gustav Winter. 1905.
9. Das Roheisen und seine Darstellung durch den Hochofenbetrieb. Von H. F. Lichte. Hannover. Verlag v. M. Jaenecke. 1907.
10. Sammlung Berg- und Hüttenmännischer Abhandlungen. Heft 7. Über Einteilung und Namensbezeichnung des Eisens von Otto Thallner. Sonderabdruck aus der „Berg- und Hüttenmännischen Rundschau". Kattowitz O.-S. Verlag Gebr. Böhm. 1907.
11. Die Eisenindustrie von Oskar Simmerbach. Verlag v. B. G. Teubner. Leipzig und Berlin 1906.
12. Das Härten des Stahles in Theorie und Praxis von Fridolin Reiser. Vierte vermehrte Aufl. Leipzig. Verlag von A. Felix. 1906.
13. Grundriß der Eisenhüttenkunde von Prof. Dr. Hermann Wedding. 5. umgearb. Aufl. Berlin Verlag von Wilh. Ernst & Sohn. 1907.
14. Konstruktionsstahl. Ein prakt. Handbuch über die Festigkeits-Eigenschaften von Stahl und Eisen von Otto Thallner. Freiberg i. S. Verlag v. Craz & Gerlach (Joh. Stettner). 1904.
15. Hütte, Taschenbuch für Eisenhüttenleute, herausgegeben vom Akad. Verein Hütte. E.-V. Berlin 1910. Verlag Wilhelm Ernst-Sohn.
16. Taschenbuch für Bauingenieure. Verlag Julius Springer. Berlin 1911.
17. Rich. Krüger, Handbuch der Baustofflehre. Bd. I, Kapitel IV. Die Metalle. Wien, Pest, Leipzig. A. Hartleben's Verlag.
18. M. Förster, Die Eisenkonstruktion des Ingenieur-Hochbaus. IV. Auflage. Kapitel I. Das Material. Leipzig. Wilhelm Engelmann. 1909.
19. Sammlung Göschen. Metallurgie I. Teil u. II. Teil v. Dr. A. Geitz. Leipzig 1907.
20. — — Materialprüfungswesen. I u. II von K. Memmler. Leipzig 1907.
21. Nöthling, Baustofflehre. Teil III. Metalle. Leipzig 1904. Verlag v. B. Fr. Voigt (S. 177—204).
22. Egbert v. Hoyer, Die Verarbeitung der Metalle und des Holzes. Verlag C. W. Kreidel. Wiesbaden. 1906.
23. O. Wawrziniok, Handbuch des Materialprüfungswesens für Maschinen- u. Bauingenieure. Sechster Teil. Grundzüge der Metallographie. Berlin 1908. Verlag Julius Springer.
24. Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau. Aufgestellt von dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Vereine deutscher Ingenieure und dem Vereine deutscher Eisenhüttenleute. Zweite veränderte Ausgabe. Hamburg. Otto Meißner. 1893.
25. Einheitliche Benennung für die im Eisenbahnbetriebe zur Verwendung kommenden, aus Eisen oder Stahl hergestellten Materialien. Zirkularerlaß des Kgl. Preuß. Arbeitsministeriums vom 29. I. 1889 Z. d. B. 1889. Nr. 7 S. 61—62. — Die einheitlichen Bezeichnungen richten sich: a) nach der Her

stellung, b) nach der Verwendung. In ersterer Beziehung werden unterschieden: 1. Roheisen, 2. Gußeisen, 3. Schweißeisen, 4. Schweißstahl, 5. Flußeisen, 6. Flußstahl.

26. G. Mehrtens, Einheitliche Benennungen von Stahl und Eisen. Z. d. B. 1893. S. 290—291. Im besonderen werden die von dem österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine aufgestellten Normalbezeichnungen besprochen und empfohlen.
27. Einheitliche Benennung von Eisen-Stahl auf dem Kongr. für den internat. Verband für die Mat.-Prfg. der Technik in Brüssel 1906 St. E. 1907. XXII. S. 775.
28. G. Mehrtens, Zur Frage der Verwendung des Flußeisens zu Baukonstruktionen. Die bei der Verwendung des Flußeisens zu Baukonstruktionen in Betracht zu ziehenden Verhältnisse sind nach ihrer geschichtlichen, technologischen und wirtschaftlichen Seite hin beleuchtet. Z. d. B. 1888. S. 57—59, 67—68, 86—87, 97—99, — grundlegende Arbeit.
29. „Die Aufnahme von Vorschriften für Flußeisen in die Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen.“ Vortrag gehalten vom Oberingenieur Kintzlé (Aachen) auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute zu Düsseldorf im Oktober 1892. Z. d. V. d. I. 1892. S. 1380—1386.
30. G. Mehrtens, Über die beim Bau der neuen Eisenbahnbrücken in Dirschau und Marienburg mit der Verwendung von Flußeisen gemachten Versuche und Erfahrungen. St. u. E. 1891. Nr. 9. S. 707 u. f. Grundlegende Arbeit.
31. G. Mehrtens, Vorlesungen über Ingenieur-Wissenschaften. II. Teil. Eisenbrückenbau. 1. Band. Leipzig 1908. Verlag v. W. Engelmann. § 2. S. 59—96. Das Eisen in hütten- und bautechnischer Beziehung.
32. Fr. Kintzlé, Verwendung des Flußeisens zu Bauzwecken. St. u. E. 1892. S. 279—286. — Sehr bemerkenswerter Aufsatz, vorwiegend über das Verhältnis von Thomas- zum Martinflußeisen.
33. G. Mehrtens, Neuerung bei der Flußeisen-Darstellung. Z. d. B. 1891. S. 50. Es wird die in England bewirkte Herstellung eines besonders zähharten Flußmetalls durch Hinzufügen von festem Kohlenstoffe zum fertigen Metall besprochen.
34. Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf. 5. Auflage. Düsseldorf 1903. Verlag A. Bagel. 6. Auflage. 1907.
35. Deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen. Sechste verbesserte Auflage. Aachen 1904. Erster Band: Normalprofile für Walzeisen zu Bauzwecken.
36. Träger-Tabelle. Zusammenstellung der Hauptwerte der von deutschen Walzwerken hergestellten I- und [-Eisen; nebst einem Anhange: Die englischen und amerikanischen Normalprofile, herausgegeben von Gustav Schimpff. München-Berlin. Verlag v. R. Oldenbourg. 1905.
37. Das Kalibrieren der Profilwalzen für I-Eisen. St. u. E. 1905. VIII. S. 450.
38. Die Universal-Walzwerkanlage der Burbacher Hütte. St. u. E. 1904. I. S. 4.
39. Biegeversuche mit gewalzten und genieteten Trägern unter bes. Berücksichtigung der Grey-Träger v. Schüle. Schw. Bztg. 1904. I. S. 243, 260.
40. Die Profile der Differdinger Hütte. D. B. 1903. S. 91.
41. Profil-Album der Luxemburger Bergwerks- und Saarbrückener Eisenhütten, Aktien-Gesellschaft „Burbacher Hütte“ bei Saarbrücken. Ausgabe 1907.
42. Besitzt Thomaseisen die Eigenschaften eines guten Brückenbaumaterials? Bm. VI. S. 256, 298, 314.
43. Schröter, Vortrag über Flußeisen. Bm. II. S. 15. St. u. E. v. 1. V. 1897. S. 336.
44. Streckmetall. Bm. II. S. 275. Bm. V. 331.
45. H. Wedding, Die physik. Eigenschaften des Eisens. Sitzungsberichte des Vereins zur Beförd. d. Gewerbefleißes 1898. S. 95—106; Auszug in Bm. II. S. 161.
46. Thomasflußeisen in Österreich. Bm. IV. S. 404. Ö. Z. 1899. S. 655 u. 706.
47. Lürmann, Die neuen Fortschritte in der Flußeisenerzeugung. Z. d. V. d. I. 1900. S. 890.
48. Zur Frage der Eisenbezeichnungen. Bm. VI. S. 3.
49. Howe, Die Fortschritte seit 1889 in der Metallurgie des Eisen und des Stahles, im besonderen beim Martinsprozeß. Revue industrielle 1900. S. 308. (Auszug in Bm. V. S. 351.)
50. Neuere Forschungsarbeiten über Eisen. Bm. VII. S. 101.
51. Der neue Hauptbahnhof zu Frankfurt a. M. St. u. E. 1889. S. 194—198. Neben der allgemeinen Hallenanlage wird vorwiegend das zur Verwendung gelangte Material besprochen.
52. Lieferungsbedingungen für Konstruktionsstahl, aufgestellt vom Vereine der amerikanischen Stahlwerke. Eng. and. min. j. 1896. II. S. 99.
53. Entwurf zu Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Verein deutscher Eisenhüttenleute. Bm. VI. S. 138, 150, 195, 219, 236 u. 262.

54. Lieferungsvorschriften für Gußwaren in Amerika. St. u. E. 1898. S. 1059. Desgl. f. Eisen. Bm. VII. S. 263.
55. Übersicht über die amerikanischen Normalvorschriften über Prüfung des Eisens. St. u. E. 1900. S. 974.
56. Thermische Ausdehnung des Eisens. Bm. V. S. 190.
57. H. v. Jüptner, Die nächsten Aufgaben der chem. Untersuchg. von Metallen, besonders Eisen und Stahl. Bm. II. S. 84, 102. Desgl. Bm. V. S. 83 u. 100.
58. H. v. Jüptner, Beziehung zwischen der chem. Zusammensetzung und den physik. Eigenschaften des Eisens. St. u. E. 1900. S. 237—242, 278—283. (Auszug in Bm. V. S. 252 u. f.)
59. Über die Notwendigkeit der Vereinheitlichung der Untersuchungs-Methoden des Eisens. Bm. I. S. 135—138, 149—154, 167—169.
60. Zugproben von Gußstahl. Bd. I. S. 191.
61. Anormales Verhalten des Flußeisens. Bm. I. S. 250—252.
62. Wedding, Chem.-analyt. Untersuchungsmethoden des Eisens. Bm. I. S. 102—106. 117—121, 132—135.
63. Versuche mit Gußeisen. Bm. I. 303, 328. Härteprüfung von Gußeisen. Bm. I. S. 312.
64. Kick, Stauchprobe. Bm. I. S. 360.
65. Verfahren zur Erhöhung der Zähigkeit von Stahl. Bm. II. S. 137—138.
66. Schmiedeeisen-Fassonguß. Schw. Bzt. 1897. S. 176.
67. Eisenprüfung im allgemeinen Bm. II. S. 199.
68. Über einheitl. Prüfungsverfahren von Gußeisen. St. u. E. 1898. S. 791 u. 900 (von Ledebur), auch Bm. II. S. 132, desgl. Z. d. V. d. I. 1898. S. 1326 u. Bm. III. S. 152 (von Martens).
69. M. Rudeloff, Beitrag zum Studium des Bruchaussehens zerrissener Stufen. Bm. IV. 85 u. f.
70. Ledebur, Über die Prüfung des Gußeisens in den nordamerik. Gießereien. St. u. E. 1899. S. 718 u. (kurz) in Bm. IV. S. 312.
71. Glinz, Zur Beurteilung des Roheisens nach dem Kleingefüge. St. u. E. 1899. S. 1061.
72. Einige Ursachen von Brüchen bei Gußeisen, Schmiedeeisen u. Stahl. Bm. V. S. 143.
73. M. Rudeloff, Einfluß des Richtens auf die Festigkeitsergebnisse von Zerreißproben. Bm. VI S. 162. Z. d. V. d. I. 1901. S. 46 u. 432 (Zuschrift von A. Wöhler).
74. E. Heyn, Einfluß des Siliziums auf die Festigkeitseigenschaften des Flußstahles. St. u. E. 1901. S. 460. (Auszug in Bm. VI. S. 204.)
75. Einige neue Gesichtspunkte im Materialprüfungswesen (Mikroskopie, Schlagbiegeprobe an eingekerbten Stäben). Schw. Bztg. 1903. I. S. 54 u. 62.
76. Amerikanische Vorschriften für die Lieferung von Gußeisen. St. u. E. 1905. S. 1258.
77. Über die Gefügebestandteile von Eisen und Stahl. Journ. of the Iron-Steel Instit. 1906. S. 287.
78. Einfluß der Querschnittsform der Probestäbe auf die Ergebnisse von Zugversuchen. Bm. 1905 S. 326, 337.
79. Festigkeitsgefüge des Gußeisens. St. u. E. 1904. S. 94.
80. Einfluß der verschiedenen Erscheinungsformen von Kohlenstoff auf die Festigkeit des Gußeisens. Dingl. Polyt. J. 1907. S. 156.
81. Neue Gußeisenprüfungsmaschine. St. u. E. 1904. S. 38.
82. Stahlformguß und seine Verwendung. St. u. E. 1903. S. 99.
83. Zusammenhang zwischen Bruchaussehen und Kleingefüge von Stahlproben. St. u. E. 1907. S. 88
84. Versuche über die Festigkeitseigenschaften von Stahlguß bei gewöhnlicher und höherer Temperatur v. Bach. Z. d. V. d. I. 1900. S. 1762, 1872 und 1904. S. 385.
85. Beanspruchung frei aufliegender Träger durch Stoß mit Berücksichtigung der Schlag-Biegeprobe für Gußeisen. Z. d. ö. A. u. I.-V. 1906. S. 665.
86. Versuche mit der Brinellschen Kugelprobe. Bm. 1903. S. 7. Dingl. Pol. J. 1903. S. 188.
87. Über die Beziehung der Kugeldruckprobe zur Streckgrenze von Eisen u. Stahl. St. u. E. 1907. S. 1820.
88. Härtebestimmung mittelst der Brinellschen Kugeldruckprobe und verwandter Eindruckverfahren Z. d. ö. I. u. A. V. 1907. S. 191, 205 und Dingl. Polyt. J. 1907. S. 33.
89. Andés, Der Eisenrost. Wien, Pest, Leipzig. A. Hartlebens Verlag. 1898. Sehr umfassendes Buch über die Rostentstehung und den Rostschutz; von demselben Verfasser: Eingehende Versuche über Eisenanstriche. Zeitschrift für angewandte Chemie 1902. 2; auch in Bm. VIII S. 247.

90. Hartmann, Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verstählen und das Überziehen von Metallen mit anderen überhaupt. II. Auflage. Wien, Pest, Leipzig. A. Hartlebens Verlag. 1887.
91. Wagner, Über den Einfluß verschiedener Lösungen auf das Rosten des Eisens. Dinglers Polyt. Journ. Bd. 218. S. 70.
92. Über das Rosten des Eisens. St. u. E. 1882. S. 417.
93. Dr. Treumann, Über Farbenanstriche, Lacküberzüge usw. Ann. f. Gew. und Bauw. 1885. II. S. 125.
94. Dr. Treumann, Innerer Anstrich von Wasser-Reservoiren. Ann. f. Gew. und Bauw. 1886. I. S. 15.
95. Dr. Treumann, Über die Rostschutzmittel und deren Wertbestimmung. H. Z. 1898. S. 34.
96. Dr. Treumann, Rostschutzmittel. St. u. E. 1898. S. 822.
97. Über Rostschutz. Bm. VII. S. 241.
98. Über die Druckwirkung des Rostes. Z. d. B. 1903. S. 442. Hierin wird auf die Kraftwirkung hingewiesen, welche der im Volumen sich vergrößernde Rost (gegenüber dem Eisen) ausübt, wenn er an der Vergrößerung gehindert wird.
99. Rosten des Eisens durch Einwirken säurehalt. Wassers und Schutzanstriche. Z. d. B. 1906. S. 126, 156, 478 (an letzterer Stelle Bewährung von Inertol in Frankfurt a. M.).
100. Das Rosten des Eisens. St. u. E. 1904. VI. S. 346.
101. Rosten und Rostschutz. St. u. E. 1907. S. 1270, 1398.
102. Vergleichende Rostversuche mit Schweißeisen und Flußeisen. Z. f. Dampfk. u. Maschinenbetrieb 1905. S. 124.
103. Dr. Graf u. Co's. Schuppenpanzerfarbe u. a. in St. u. E. 1891. S. 177. Z. d. B. 1891. S. 31 u. 524. An letzterer Stelle wird das sehr günstig lautende Gutachten der Kgl. mechanisch. technischen Versuchsanstalt zu Berlin mitgeteilt.
104. Neue Farberzeugnisse der Firma Dr. Graf & Co., Berlin. D. B. 1898. Nr. 75. S. 487. Z. d. B. 1898. S. 171. Vergl. auch Lit.-Nachw. Nr. 101.
105. Rathjens Patent Komposition u. a. in Z. d. B. 1884. S. 247 u. 292, desgl. 1890. S. 21. Bericht über gute Erfolge, erzielt mit Anwendung der Farbe im Bezirke der Kgl. Eisenbahn-Betriebs-Inspektion Arnstadt.
106. Anstrichmittel. Z. d. B. 1897. Nr. 51a. S. 581. Allgemeiner, die Erfahrungen mit neueren Anstrichfarben besprechender Aufsatz.
107. Die Behandlung der Eisenteile zum Zwecke des Rostschutzes. Die hierbei in neuester Zeit gemachten Erfahrungen werden in dem Aufsatze: Bauwissenschaftliche Versuche der preußischen Staatsbauverwaltung im Jahre 1897. Z. d. B. Nr. 47a. S. 578 u. Nr. 48a. S. 590 übersichtlich besprochen. Desgl. 1900 S. 133, 1901 S. 74 u. 140, 1902 S. 219 u. 615, 1904 S. 457 u. 497, sowie 1906 S. 21.
108. Die Reinigung der Eisenflächen für den Anstrich durch Sandgebläse. Z. d. B. 1897. S. 239. Amerikanische Versuche werden besprochen.
109. Reinigung der Eisenflächen von Rost usw. durch Sandstrahlgebläse und Auftragung von Farbe durch Preßluft. D. B. 1898. Nr. 1. S. 3; vergl. hierzu auch die Drucksachen der Firma: Alfred Guttmann, A.-G. für Maschinenbau zu Ottensen bei Hamburg.
110. Rostbildung unter Ölfarbenanstrich. Dingl. Polyt. Journ. 1897. Bd. 305. S. 285. Bm. II. S. 120.
111. Rostversuche mit Eisen- und Stahlblechen, angestellt von Krupp in den Jahren 1882—1886. St. u. E. 1896. S. 561.
112. Einwirkungen von Mörtel auf Eisen. Ann. für Gew. u. Bauw. 1897. I. S. 140.
113. Zerstörung von Eisen und Stahl durch Kalkstein. Z. d. B. 1898. Nr. 7. S. 97.
114. Lösungsmittel für Eisenrost. Bm. I. S. 144.
115. Koller, Praktische Erfahrungen über Rostschutzmittel und deren Bedeutung in der Technik. Glasers Annalen. 1901. S. 161.
116. H. Hillig, Eisenrost und die moderne Rostschutztechnik. Bm. VIII. S. 198 u. 214.
117. Teeranstrich auf Eisen. Österr. Z. f. Berg- u. Hüttenw. 1896. S. 460. Teeranstrich haftet auf Eisen nur, wenn ihm durch Erhitzen unter Zusatz von 2—2% gelöschtem Kalk die Karbolsäure entzogen ist.
118. Die Verzinkung des Eisens. D. B. 1875. S. 2.
119. Das verzinkte Eisen und seine Anwendung. D. B. 1886. S. 165.
120. Erfahrungen über verzinktes Eisen. Z. d. B. 1886. S. 163 u. 340. 1897. S. 200 (in Bahnhofshallen).
121. Bleiüberzüge als Schutzmittel für Eisenbleche. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886. II. S. 11.

122. Gießler, Das Bower-Barffsche Verfahren zum Schutze des Eisens gegen Rost. D. B. 1884. S. 440.
123. Daelen, Die Inoxydation des Eisens nach Barff und Bower. St. u. E. 1884. S. 98 u. 265.
124. Bockelberg, desgl. Z. d. V. d. I. 1885. S. 834.
125. Vergleichende Versuche über die Feuersicherheit von Speicher-Stützen. Kommissionsbericht erstattet im Auftrage des Hamburger Senates. Hamburg 1895. Otto Meißner.
126. Desgl. auszugsweise mitgeteilt in: Z. d. B. 1896. S. 246 und 248 und D. B. 1895. S. 274 u. 290 (Bemerkung hierzu D. B. 1895. S. 351). Bei diesen Versuchen handelt es sich um schweißeiserne Stützen mit und ohne Ummantelung sowie um Holzsäulen. Die Resultate lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß schmiedeeiserne Stützen mit offenem Querschnitte bei 600° und nach kurzer Zeit ihre Tragfähigkeit einbüßen. Ausbetonierung der Stützen vermehrt ihre Tragkraft unerheblich Holzstätten sind widerstandsfähiger als nicht ummantelte schweißeiserne Säulen, stehen aber den ummantelten nach.
127. R. Lühmann, Über die Widerstandsfähigkeit eiserner Stützen im Feuer. D. B. 1888. S. 286, 305, 323 u. 341. Die von R. Lühmann und M. Möller im Jahre 1893 (in Hamburg) ausgeführten Versuche mit eisernen Säulen werden eingehend besprochen, vergl. auch Verh. d. Vereins für die Beförderung des Gewerbefleißes. 1887. S. 547 u. folgd.
128. Feuerproben mit Wänden, Decken und Eisen. Ummantelung nach Patent Rabitz. Z. d. B. 1888. S. 44.
129. Säulenumhüllungen in Amerika. D. B. 1899. S. 398.
130. H. Maier, Einige Wand- und Deckenkonstruktionen in den amerikanischen unverbrennlichen Stahl-Rahmengebäuden. D. B. 1894. S. 241, 249, 253.
131. O. Leithof, Die Konstruktion hoher Häuser in den Vereinigten Staaten von Amerika. Z. f. B. 1895. S. 217. Vergl. auch: Die Fundierung amerik. Geschäftshäuser. Z. d. B. 1894. S. 165.
132. Feuersichere Bauausführungen in Nordamerika. St. u. E. 1900. Nr. 15 u. 16.
133. Prüfung des Eisens und Verhalten desselben im Feuer. Bm. I. S. 69/72.
134. Linse, Feuersichere Baukonstruktionen. Z. d. V. d. I. 1897. S. 1006. Desgl. D. B. 1897. S. 354. St. u. E. 1898. S. 901.
135. Linse, Die Fortschritte in der Anwendung und Erfahrungen über Feuersicherheit des Eisens. St. u. E. 1898. S. 696 u. 901.
136. O. Greiner, Feuersicherheit von Baukonstruktionen. Z. d. V. d. I. 1897. S. 1318.
137. Über Speicherbauten in Amerika und deren Feuerschutz. Hannov. Gewerbebl. 1894. S. 27/28 und D. B. 1894. S. 37.
138. Feuersichere Konstruktionen im amerik. Bauwesen. D. B. 1899. S. 398. St. u. E. 1900. S. 739.
139. A. Martens, Verhalten von Eisen und Eisenbauteilen im Feuer. St. u. E. 1888. Nr. 2. In dem umfassenden Aufsatze werden die Versuche von Bauschinger in München (Mitteilungen aus dem mechan. techn. Laboratorium in München 1885. Heft XII. 1887. Heft XV), sowie von R. Lühmann und M. Möller in Hamburg (vergl. Nr. 123) eingehend besprochen; desgl. in Z. d. B. 1896. S. 246.
140. Vergleichende Versuche über die Feuersicherheit gußeiserner Speicherstützen. Kommissionsbericht, erstattet im Auftrage des Hamburger Senates. Hamburg 1897. Otto Meißner.
141. Vergleichende Versuche über die Feuersicherheit von Speicherstützen. Z. d. B. 1897. Nr. 45. S. 507. Es werden die Hauptergebnisse der Hamburger Versuche vom Jahre 1895 besprochen. (Vergl. die vorstehende Literaturstelle); desgl. D. B. 1897. S. 232 u. 242.
142. Feuerproben mit feuerfesten Decken. Eng. News 1896. S. 235.
143. Unverbrennbares Holz. Z. d. B. 1897. Nr. 28. S. 311 u. Nr. 37. S. 412. Versuche mit chemisch imprägniertem Holze. Desgl. Z. d. B. 1898. Nr. 39a. S. 475.
144. Brandproben feuersicherer Baukonstruktionen in Berlin. Z. d. B. 1893. S. 75, 239 u. 252. Sehr lesenswerter interessanter Aufsatz über die Erprobung der wichtigsten baulichen Feuerschutzmittel.
145. Die Feuersicherheit der Warenhäuser. Z. d. B. 1900. S. 70.
146. v. Ritgen, Die Feuersicherheit der Bauten. Vortrag gehalten im Berliner Archit.-Verein; als Sonderabdruck erschienen bei Ernst & Sohn, Berlin 1901.
147. J. R. Freitag, The fire proofing of steel-buildings; Newyork. John Wiley & Sons. 1899.
148. Feuerfeste Umhüllung für Eisenk. Feuertrotz. D. B. 1900. S. 564. Bm. VI. S. 44.
149. Der Brand in Rochester. St. E. 1904. VIII. S. 475.
150. Sonderanforderungen an die Feuersicherheit von Geschäfts- und Warenhäusern. Z. d. B. 1907. S. 683.
151. Feuerschutz von Eisenkonstruktionen. D. B. 1905. S. 154.

152. Die große Feuersbrunst in Baltimore am 7./2. 1904. (Mit Bericht über Bewährung der Baustoffe im Feuer). Z. d. B. 1904. S. 165.
153. Die Stahlrahmengebäude bei dem Brande in Baltimore v. W. Linse. St. u. E. 1904. VII. S. 381.
154. Die Baumaterialien im Feuer von San Franzisko v. Kleinlogel (Referat über einen Bericht d. Ziv.-Ing. A. L. A. Himmelwright „The San Francisco Earthquake and Fire"). D. B. 1907. Nr. 28. S. 195—198 (mit zahlreichen Abb.).
155. Bericht über die im Februar 1893 in Berlin vorgen. Prüfungen feuersicherer Baukonstruktionen von Stude u. Reichel, Berlin. Verlag von Julius Springer. 1893.
156. Schutz der Eisenkonstruktion gegen Feuer, herausgegeben im Auftrage des Verbandes deutscher Arch. u. Ingen.-Vereine, des Vereins deutscher Ingen. und des Vereins deutscher Eisenhüttenleute von H. Hagen, Berlin. Verlag von Julius Springer. 1904.
157. Eisenbau, Intern. Monatsschrift. Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig 1910 u. 11. Aus dieser Zeitschrift sind folgende Aufsätze erwähnungswert:

Jahrgang 1910.

Die erste Nickelstahlbrücke. S. 326.
Roheisenerzeugung im Deutschen Reiche seit 1861. S. 204.
Das Elektroeisen und seine Verwendung. S. 33, 74, 115.
Wirtschaftspolitik im Eisen. S. 131.
Eisenbau oder Eisenbetonbau. S. 408.
Eisengewinnung auf elektr. Wege S. 86.
Die Entwickelung der Elektrostahlanlagen. S. 203.
Nickelstahl. S. 448.
Thermitverfahren. S. 202 u. 207.
Neue Wellblechformen (Knutson). S. 12.
Wirtschaftspolitik im Eisenbau. S. 131.

Jahrgang 1911.

Einiges über die Herstellung von Walzeisen. S. 1, 109.
Die Zulage. S. 10.
Die Verwendung von Nickelstahl im Brückenbau. S. 79.

Sachverzeichnis.

Die angegebenen Zahlen bedeuten die Hauptseiten des Textes.
Abk.: E = Eisen.

A.

Aufbereitung der E-Erze 411—413.

B.

Beschickung des Ofens 414.
Bertrand-Thiel-Verfahren 446—447.
Bessemer-Betrieb 441—442.
— -Birne 438—440.
— -E 440—441.
— -Verfahren 437—441.
Betrieb des Hochofens 424—426.
Biege-Maschinen 495—496.
Blech-Scheren 480—482.
Blechwalzwerke 474—475.
Blei 559—561.
Bohr-Maschinen 489—493.
Bombiertes Wellblech 518.
Braun-E-Stein 410.
Buckel-Platten 514.

C.

Chemische Vorgänge im Hochofen 426—428.

D.

Dampf-Hammer 462—463.
Draht-Seile 524—526.
— -Walzwerke 476—477.
— ziehen 477.
Drehbänke 493.

E.

Eigenschaften des Roh-E 428.
— des schmiedbaren E 431—432.
Einteilung der E-Arten 415—420.
E-Anstriche 549—554.
Eisenbahn-Schienen 519—520.
Eisenbahn-Schwellen 520.
E-Erze 408—411.
E-Prüfung — Bauwerk-Fluß-E 532—534.
E-Prüfung — Bauwerk-Schweiß-E 530—532.
E-Prüfung — besondere Arten 536—537.
E-Prüfung — Eisenbahn-Material 537—538.
E-Prüfung — Draht 536.
E-Prüfung — Fluß-Stahl 534.
E-Prüfung — Guß-E-Waren 535—536.
E-reiche Schlacken 411.
Elektrische Stahlgewinnung 449—453.

F.

Fall-Hämmer 460—461.
Feder-Hämmer 461.
Ferrofix 467.
Festigkeitsverhältnisse des E 529.
Festigkeit von Gießerei-E 459—460.
Feuerschutzmittel 557—558.
Flach-E-Tabelle 511.
Flanschen-Rohre (Guß-E) 526—529.
Fluß-E 418.
Fluß-Stahl 419.
Form-Maschinen 458.
Formsand 456.
Fräs-Maschinen 489.

G.

Gebläseluft 423—424.
Geschichtl. Entwickelung der E-Erzeugung 403—408.
Gichtgase 430—431.
Gießen des E. 453—460.
Gießerei-E 454.
Gießerei-Flamm-Öfen 454.
Gießformen 456—458.
Goldschmitts Schweißverfahren 464—466.
Grey-Träger-Tabelle 508.

Grey-Walzwerk 473—474.
Guß-E 416.
Gußwaren-Behandlung 459.

H.

Hand-E 520.
Hartguß 419, 458.
Herdfrischen 432—433.
Herdguß 456.
Héroult-Ofen 450—451.
Hobel-Maschinen 485—488.
Hochofen 420—423.
Hochofenerzeugnisse 428—431.
Hösch-Verfahren 446.

K.

Kalkzuschläge 413.
Kastenguß 457.
Kjellin-Ofen 451.
Klein-Bessemerei 443.
Knutson-Bleche 518—519.
Kohlen-E-Stein 411.
Kupfer 563—564.
Kupol-Ofen 454.

L.

Literaturnachweisung 565—570.
Loch-Stanzen 482—484.

M.

Magnet-E-Stein 409.
Manganzuschläge 414.
Martin-Ofen 444—445.
Martin-Ofen-Betrieb 444—446.
Masse 456.
Möllern der Erze 412.
Muffen-Rohre (Guß-E) 526—529.

N.

Nägel 524.
Niete 521.
Normal-Profil-Tabellen 497—507.

O.

Oxydation, künstliche, des E. 555.

P.

Phosphorzuschläge 414.
Physikalische Vorgänge in der Bessemer-Birne 440.
Pneumatische Werkzeuge 496.
Puddelarbeit 435—436.
Puddelöfen, besondere 437.
Puddelofen 434—435.
Puddelofenerzeugnisse 436.
Puddelverfahren 433—437.

Q.

Quadrat-E-Tabelle 510.

R.

Richtmaschinen 493—495.
Riffelbleche 513.
Röchling-Rodenhauser-Ofen 452.
Roh-E 415—416.
Roh-E als Hochofenerzeugnis 428—429.
Roh-E-Erz-Verfahren 446.
Röhren-Walzwerke 477—480.
Rostschutz des E 549—550.
Rot-E-Stein 409.
Rund-E-Tabelle 509.

S.

Sägen 488—489.
Schablonenformung 457.
Schalenguß 458.
Schlacke 429—430.
Schmiede-E 417—418.
Schmiedbares E 417.
Schmieden des E 460—464.
Schmiedeeiserne Rohre 520—521.
Schmiede-Pressen 463—464.
Schneiden, autogenes 467.
Schrauben 522—523.
Schrauben, metrisches Gewinde 523.
Schrauben, Witworth-Gewinde 522—523.
Schweiß-E 418.
Schweißen des E 464—467.
Schweißung, autogene 466.
Schweißung, elektrische 466.
Schweiß-Stahl 419.
Siemens-Martin-Verfahren 443—446.
Spat-E-Stein 410.
Stabwalzwerke 470—474.
Stassano-Ofen 451.
Streckmetall 514.

T.

Talbot-Verfahren 447.
Temper-Guß 449.
Tempern 419, 449.
Thomas-Schlacke 443.
Thomas-Verfahren 442—443.
Tiegel-Verfahren 447—448.
Ton-E-Stein 410.
Tonerde- und Kieselsäurezuschläge 413.
Tonnenbleche 514.

U.

Universal-Walzwerk 474.

V.

Verbleiung des E 555.
Verhalten des E im Feuer 555—557.
Verkokung der Steinkohle 414.
Vertragsbestimmungen, preußische, für Anfertigung, Lieferung und Aufstellung von Eisenkonstruktionen 539—549.
Verzinkung des E 554.
Verzinnung des E 555.

W.

Wackwitz-Metall 555.
Walzbleche, ebene 512—513.
Walzen des E 467—480.
Walzenstraße 469.
Walzvorgang 468 - 469.
Walzwerksarten, allgemeine 468.
Walzwerköfen 467—468.
Walzwerk, Sacksches 474.
Walzwerk-Transportvorrichtungen 474—476.
Wellbleche 515—518.
Wellblechtabellen 516—518.
Wellblech-Walzwerke 476.
Witkowitzer-(Duplex-)Verfahren 446.

Z.

Zement-Stahl 448—449.
Zink 561—563.
Zink-Wellbleche 562.
Zuschläge zu den E-Erzen 413—414.
— zur Änderung des Schlackenschmelzpunktes 413.
— zur Beeinflussung der E-Eigenschaften 414.
— zur Schlackenvermehrung 413.

LEHRBUCH

DER

BAUMATERIALIENKUNDE

ZUM GEBRAUCHE AN

TECHNISCHEN HOCHSCHULEN UND ZUM SELBSTSTUDIUM

VON

MAX FOERSTER
ORD. PROFESSOR FÜR BAUINGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

HEFT V UND VI

II. ABSCHNITT: VERBINDUNGSSTOFFE
III. ABSCHNITT: NEBENBAUSTOFFE

MIT 50 TEXTABBILDUNGEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1912

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei H. Stürtz, A. G., Würzburg

Vorwort.

Mit dem vorliegenden Hefte gelangt das gesamte Lehrbuch zum Abschlusse.

In seinem ersten Teil behandelt unser Heft die Verbindungsstoffe, die verschiedensten Mörtelarten, den Beton, Asphalt und Kitt, während der zweite Teil den vorwiegend im inneren Ausbau, daneben für Dachdeckungs- und Umkleidungszwecke benutzten Nebenbaustoffen gewidmet ist. Es liegt auf der Hand, daß das namentlich in neuester Zeit für Architekten und Bauingenieure von besonderer Bedeutung gewordene Gebiet der Mörtel und Betone eine ausführlichere Behandlung verlangt hat, und unter ihnen wiederum der Portlandzementmörtel und -Beton — auch im Hinblicke auf ihre maschinelle Erzeugung — sowie die neuzeitlichen Traßkalk- und Traßkalkzementmörtel eine besondere Heraushebung erforderten. Hierbei legten aber der Umfang des Buches und sein Zweck, in erster Linie ein Lehrbuch zu sein, dem Verfasser insoweit Beschränkungen auf, als aus der gewaltigen Summe der, namentlich in den letzten Jahren, durch Forschungsarbeiten gewonnenen Erkenntnisse und der vielfachen aus der Praxis abgeleiteten Erfahrungen nur das Grundlegende und für ein Verstehen der Eigenschaften und der Wirkungsweise der hierher gehörenden Baustoffe Wichtigste in den Kreis der Betrachtungen und Erörterungen gezogen werden konnte; auch erschien es gerechtfertig, Sondergebiete, wie z. B. den Eisenbetonbau, in ihren Hauptsachen nur zu streifen und auf die hier vorliegende, umfangreiche Sonderliteratur zu verweisen.

Im zweiten Teile des vorliegenden Heftes sind eine ganze Anzahl von Nebenbaustoffen, wenn auch kurz, so doch in dem notwendig erscheinenden Umfange und den Anforderungen der baulichen Praxis möglichst angepaßt behandelt, wobei aber auf rein technologische Fragen nur insoweit eingegangen ist, als sie zum Verständnisse der Eigenschaften oder zur Beurteilung der Verwendung notwendig erschienen.

Möge das letzte Heft der Baumaterialienkunde bei meinen Fachgenossen die gleiche freundliche Aufnahme finden, wie seine Vorgänger und dazu beitragen, in den Kreisen der Architekten und Bauingenieure die heute leider noch viel zu wenig beachtete Kenntnis der Baustoffe in ihren mannigfachen wichtigen Beziehungen zur Praxis zu vertiefen.

Zum Schlusse spreche ich der Verlagsbuchhandlung Wilhelm Engelmann zu Leipzig meinen besonderen Dank aus für die weitschauende Förderung, die sie dem nunmehr abgeschlossen vorliegenden Werke allezeit hat angedeihen lassen, namentlich auch durch das Verständnis für die Schwierigkeit der Arbeit und die hierdurch bedingte lange Zeit der Bearbeitung.

Dresden, im Oktober 1912.

Professor **M. Foerster.**

Die außenstehenden Seitenzahlen beziehen sich auf das gesamte Lehrbuch, die innenstehenden nur auf den vorliegenden Teil desselben.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
II. Abschnitt: Verbindungsstoffe	575—727
Kapitel XXIX. Die verschiedenen Mörtelarten	575—706
§ 92. Das Wesen und der Zweck der Mörtel, ihre Einteilung und Geschichte	575—581
§ 93. Luftmörtel	581—601
§ 94. Hydraulische Kalke (Wasserkalke) und verwandte Bindemittel	601—607
§ 95. Roman-Zemente	607—610
§ 96. Portlandzement, Portlandzementmörtel und -Beton	610—684
§ 97. Eisenportlandzemente, Schlackenzemente und ähnliche Bindemittel (Mischzemente)	684—692
§ 98. Hydraulische Zuschläge	692—702
Literatur-Nachweisung zu Kapitel XXIX	702—706
Kapitel XXX. Asphalt und verwandte Baustoffe (namentlich Kitte)	706—727
§ 99. Die Bildung, das Vorkommen, die Arten und Zusammensetzung des Naturasphaltes, sowie seine Haupteigenschaften, seine Gewinnung und seine Prüfung	706—712
§ 100. Verwendung des Asphaltes im Bauwesen, künstlicher Asphalt	712—723
§ 101. Die verschiedenen im Bauwesen gebräuchlichen Kittarten	723—726
Literatur-Nachweisung zu Kapitel XXX	727
III. Abschnitt: Nebenbaustoffe, namentlich solche für Dachdeckung und inneren Ausbau	728—765
Kapitel XXXI. Dachpappe, Holzzement, Ruberoid, Linoleum, Rohr und verwandte Stoffe	728—745
§ 102. Dachpappe und verwandte Erzeugnisse	728—733
§ 103. Ruberoid, Asbestgewebe, wasserdichte Gewebe für Bedachungen und Verkleidungsarbeiten, Linoleum, Kautschuk und Guttapercha	733—741
§ 104. Filz, Gewebebauplatten, Rohr und Stroh	742—745
Kapitel XXXII. Glas, Anstriche und Tapeten	745—765
§ 105. Die Herstellung des Glases, seine Arten, Färbung, Eigenschaften, Verwendung und Prüfung	745—750
§ 106. Anstriche, Farben und Lacke	750—761
§ 107. Tapeten	761—763
Literatur-Nachweisung zu Kapitel XXXI und XXXII	763—765
Sachverzeichnis	766—769

LEHRBUCH

DER

BAUMATERIALIENKUNDE

ZUM GEBRAUCHE AN

TECHNISCHEN HOCHSCHULEN UND ZUM SELBSTSTUDIUM

VON

MAX FOERSTER
ORD. PROFESSOR FÜR BAUINGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. SÄCHS. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DRESDEN

MIT 426 TEXTABBILDUNGEN UND EINER TAFEL

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1912

Gesamtinhaltsverzeichnis der Hefte I—VI[1]).

	Seite
I. Hauptstoffe.	
1. Die natürlichen Gesteine (Heft I)	2
2. Die künstlichen Steine (Heft II, 1)	119
3. Die künstlichen Steine, zweiter Teil: die Ziegelsteine und Tonwaren (Heft II, 2)	247
4. Das Holz (Heft III)	351
5. Die Metalle, namentlich das Eisen (Heft IV)	403
II. Verbindungsstoffe (Heft V, VI)	575
III. Nebenbaustoffe (Heft V, VI)	728

[1]) Ausführliche Inhalts-, Literatur- und Sachverzeichnisse befinden sich in jedem einzelnen Heft.

II. Abschnitt.

Verbindungsstoffe.

Kapitel XXIX.

Die verschiedenen Mörtelarten.

§ 92. Das Wesen und der Zweck der Mörtel, ihre Einteilung und Geschichte.

Die Mörtel dienen zur Verkittung und demgemäß zur Verbindung der einzelnen Steine zum Mauerwerk; sie werden in breiigem oder zähflüssigem Zustande in den Bau gebracht und erhärten hier in längerer oder kürzerer Zeit, seltener auf Grund eines physikalischen Vorganges, meist infolge chemischer Umsetzung; bei letzterer spielt die Bildung kohlen- bzw. kieselsauren Kalkes die Hauptrolle. Neben der Aufgabe des Mörtels, die Steine zu verkitten; hat er aber auch Kräfte fortzuleiten, welche auf das Mauerwerk entfallen; er ist deshalb ersterem entsprechend widerstandsfähig, d. h. vorwiegend druckfest, auszubilden und den jeweiligen Festigkeitsanforderungen anzupassen. Hierbei wirkt günstig, daß der Mörtel als Ausfüllung in den Fugen plattenförmig abgelagert ist.

Je nachdem ein Mörtel nur an der Luft erhärtet oder nur in Gegenwart von Wasser abbindet, unterscheidet man Luft- und Wassermörtel (hydraulische Mörtel); zwischen ihnen stehen die hydraulischen Zuschläge, welche, dem Luftmörtel zugesetzt, ihn befähigen, nunmehr auch unter Wasser zu erhärten. Zu den bekannteren Luftmörteln gehören: der untergeordnet verwendete Lehmmörtel, der Gipsmörtel, vor allem aber der Kalkmörtel; von letzterem werden unterschieden: der Weiß- oder Fettkalk- und der Graukalkmörtel — vgl. weiter unten. Von hydraulischen Zuschlägen sind zu nennen die verschiedenen Puzzolane, an erster Stelle der Traß, während für Wassermörtel in Frage kommen die hydraulischen Kalke, die natürlichen Zemente, auch Roman- oder Kalkzemente genannt, die künstlichen Zemente, vorwiegend die Portlandzemente, die Eisenportland- und Schlackenzemente.

Bisher ist in Deutschland noch keine einheitliche Bezeichnung der Mörtel durchgeführt; über die Schweizer Normen in dieser Hinsicht gibt die Anm.[1]) Auskunft.

[1]) Die Schweizer Normen vom Jahre 1900, herausgegeben von der Materialprüfungsanstalt in Zürich und genehmigt von den Produzenten und Abnehmern, beziehen sich auf eine einheitliche Benennung, Klassifikation und Prüfung der Bindemittel. Es werden unterschieden:

1. Luftkalke, 2. hydraulische Kalke, 3. Romanzemente, 4. Portlandzemente, 5. hydraulische Zuschläge, 6. Puzzolanzemente (gewonnen durch Mischung pulverförmiger Kalkhydrate oder hydraulischer

Nach ihrem Verwendungszwecke unterscheidet man: Mauermörtel und Putzmörtel, die zwar in der Art ihrer Grundstoffe gleich, aber in ihrer Mengenzusammensetzung und ihrer Verarbeitung verschieden sind.

Ein jeder Mörtel erhält außer seinem eigentlichen Bindestoffe Zusätze, meist aus Quarzsand bestehend, die ihn einerseits billiger, andererseits härter und widerstandsfähiger, zudem auch porenreicher machen sollen, um die chemische Einwirkung äußerer Einflüsse so verstärken.

Unter der Ausbeute eines Stoffes im Mörtel ist das Maß zu verstehen, in dem der Stoff zur Raumvergrößerung beiträgt; hierbei [1]) ist die Porenmasse des Sandes zu 40%, seine eigene Masse also zu 60%, die Ausbeute von Fettkalk zu 1,0, von Wasser zu 1,0, von Zement und Traß zu 0,48, von hydraulischem Kalke zu 0,28 zu rechnen.

Hat man z. B. einen Mörtel aus 1 Teil Fettkalk + 2 Sand + 0,4 Wasser, so beträgt die Ausbeute:

$$1{,}0 + 2 \,.\, 0{,}6 + 0{,}4 = 2{,}6.$$

Unter der Kittmasse ist die Summe aus Bindemittel und Wasser, unter der Dichtigkeit eines Mörtels der Quotient

$$d = \frac{\text{Kittmasse}}{\text{Hohlräume}} = \frac{\text{Bindemittel} + \text{Wasser}}{\text{Hohlräume}}$$

zu verstehen.

Mörtel, bei denen $d \geq 1$ ist, werden als dichte Mörtel bezeichnet.

Im obigen Beispiele ist die Kittmasse $1{,}00 + 0{,}4$, die Summe der Hohlräume $= 2 \,.\, 0{,}4 = 0{,}8$, also: $d = \frac{1{,}4}{0{,}8} = 1{,}75$, d. h. der Mörtel ist dicht.

Die Menge endlich eines Mörtels, der aus 1 Raumteil Bindemittel und n Raumteilen Sand zu gewinnen ist, ergibt sich aus der Beziehung:

$$\frac{G}{r_m} = M \text{ Liter Mörtel.}$$

Hierin bedeutet G das Gewicht der angemachten Mörtelmenge, r_m sein Raumgewicht; G ist $= r_k + r_s + w_n =$ dem Gewicht des Bindemittelpulvers + dem Gewicht des Mauersandes + dem Gewichte des Wassers, das erforderlich ist, um die trockene Mischung 1 : n in mauerrechten Mörtel umzuwandeln. Da (1 + n) Liter trockenes Material M Liter Mörtel ergeben, so ist mithin die **Ergiebigkeit** „E“:

$$E = \frac{M}{1 + n}.$$

Beispiel: Es handele sich um einen Kalkmörtel 1:3; $r_k = 0{,}746$; $r_s = 5{,}0$; $w_n = 1{,}06 = 18{,}4\%$ des trockenen Materials. $G = 6{,}81$; $r_m = 1{,}97$; $\frac{G}{r_m} = 3{,}45$; $E = \frac{3{,}45}{1+3{,}0} = 0{,}86$.

Geschichtliches. Daß schon vor mehreren Jahrtausenden Mörtel Verwendung fand, lehren die auf uns überkommenen Bauten des Altertums. Wenn auch in den ältesten Bauresten der vorderasiatischen Kultur vorwiegend Lehmmörtel, später Asphalt, im alten Ägypten Nilschlamm zur Verkittung der Steine benutzt wurde, so zeigt doch schon die Zeit des Pyramidenbaus einen aus Gips und Nilschlamm vermischten, also einen nicht mehr ausschließlich mechanisch, sondern z. T. chemisch wirksamen Mörtel. Wahrscheinlich ist auch Ägypten das Land, in dem zuerst Kalk gebrannt und zu Mörtel verwendet wurde.

Kalke mit staubfrei zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen), 7. gemischte Zemente (gewonnen durch Zermahlung von Portlandzementklinkern mit Zuschlägen oder maschinelle Mischung fertiger Portlandzemente mit letzteren).

[1]) Vergl. Unna, Die Bestimmung rationeller Mörtelmischungen. 3. Aufl. Paul Neubner, Köln.

Zur Zeit von Christi Geburt war das Brennen und Löschen von Kalk und die Erzeugung von Mörtel mit seiner Hilfe, sowie die Erzeugung eines Wasserkalkmörtels bereits allgemein bekannt, gibt doch Marcus Vitruvius in seinem im Jahre 13 v. Chr. geschriebenen Werke „De Architectura" bereits Vorschriften, wenn auch dürftiger Art, hierüber[1]). Auch ist bekannt, daß der römische Staat durch besondere Beamte die Herstellung und Verarbeitung des Mörtels beaufsichtigen ließ.

Wenig Neues auf dem Gebiete des Mörtels brachten die folgenden Jahrhunderte. Durch das ganze Mittelalter hindurch bis gegen den Anfang des 19. Jahrhunderts behauptete der normale Weißkalkmörtel seine beherrschende Stellung; nur örtlich wurde er — wenn auch selten — durch Graukalk oder durch Traß bzw. Traßziegelsteinmörtel ersetzt. Traß zuerst in größerem Maßstabe und zwar in der Gegend des Mittel- und Niederrheins und vom 3. Jahrhundert n. Chr. an verwendet zu haben, ist das Verdienst der nach Germanien vordringenden Römer, die hier einen Baustoff fanden, der in seinen Eigenschaften der von ihnen schon seit mehreren Jahrhunderten mit bestem Erfolge zu Wasserbauten benutzten Pulvis puteolanus gleichartig war; dies zeigen uns die aus der Römerzeit stammenden Wasserleitungen in der Eifel, die rheinischen Kastellbauten, Mauerreste im alten Köln usw. Aber auch diese Kulturarbeit der Römer ging im Laufe der kommenden Jahrhunderte wieder verloren und erst vom Ende des 17. Jahrhunderts an scheint die Verwendung des deutschen Trasses im Großen — namentlich durch die Holländer — wieder in die Wege geleitet worden zu sein.

Wenn auch nicht verkannt werden darf, daß schon von sehr alten Zeiten her aus Naturkalksteinen mit tonigen Beimengungen unter Wasser gut erhärtende Mörtel gewonnen wurden, so war doch die Erkenntnis, worauf diese Wirkungen beruhen, noch nicht gefunden. Hier das erste Licht verbreitet zu haben, ist das Verdienst des englichen Ingenieurs Smeaton, des Erbauers des Leuchtturmes von Eddystone in der Bucht von Plymouth, der anläßlich dieses Baues nach einem, dem Andrange der Wogen und der Einwirkung des Meerwassers widerstehenden Kalk suchte und hierbei fand, daß alle Kalke, welche nach dem Brennen hydraulischen Charakter zeigen, bei ihrer Auflösung in Salpetersäure stets einen Rückstand aufweisen, der sich namentlich als Ton zu erkennen gibt; hierdurch war die erste Erkenntnis vermittelt, daß eine Tonbeimengung auf das hydraulische Verhalten der Kalke bestimmend einwirkt.

Zunächst waren es englische natürliche Wasserkalke, welche gegen Ende des 18. Jahrhunderts zu größerer Bedeutung gelangten und unter dem Namen „Romanzemente" Verwendung fanden. Mit dieser Namensgebung wurde an das altrömische Bindemittel angeknüpft, welches, aus Kalk und Puzzolanerde bestehend, oben erwähnt wurde.

Die ersten Versuche, ein künstliches hydraulisches Bindemittel durch Zusammenschmelzen von kohlensaurem Kalk und Ton zu erzielen, sind zu Anfang des 19. Jahrhunderts zunächst von Vicat in Angriff genommen worden, später aber in England zur Durchführung gelangt. Hier glückte es, obwohl bereits 1816 ein derartiges, aber nicht von Erfolg gekröntes Verfahren patentamtlich geschützt worden war — dem Bauunternehmer Aspdin in Leeds, das erste künstliche hydraulische Bindemittel zu erzeugen, wenn auch nach jahrelangen, mühe- und opfervollen Versuchen. Der Anspruch des am 21. Oktober 1824 erteilten, für die gesamte heutige Portlandzementindustrie grundlegenden Patentes lautet:

[1]) Vergl. Kapitel V vom II. Buch und Kapitel II vom VII. Buch (Brennen des Kalkes und Ablöschen des Kalkes) und Kapitel VI Buch II (Verwendung der Puzzolanerde zur Erzielung eines hydraulischen Mörtels). Vergl. auch weiter unten auf S. 580.

„Der Schlamm oder Staub der mit Kalkstein gepflasterten Wege oder — wenn dieses Material nicht in genügender Menge zu haben ist — Kalkstein, gebrannt und gelöscht, wird mit einer bestimmten Menge Ton mit Hilfe von Wasser durch Handarbeit oder irgendwelche Maschinen zu einem unfühlbaren Brei vermischt, die plastische Masse wird getrocknet, dann in Stücke gebrochen und in einem Kalkofen gebrannt, bis alle Kohlensäure entwichen ist; das gebrannte Produkt wird durch Mahlen, Kollern oder Stampfen in Pulver verwandelt und ist zum Gebrauche fertig."

Es ist also hier bereits der Gang des Herstellungsverfahrens angegeben, wie er noch heute — wenn auch hier und dort wenig oder mehr verändert — die Grundlage der gesamten Portlandzementherstellung bildet; es gebührt mithin auch, wie nunmehr allseitig und allgemein anerkannt wird[1]), Aspdin der Ruhm, die künstliche Herstellung eines hydraulischen Mörtels gezeigt zu haben. Aspdin nannte sein Erzeugnis **Portlandzement**, und zwar wegen der Ähnlichkeit — im besonderen in bezug auf Farbe, Härte und Festigkeit — mit einem in England viel verwendeten Naturgestein von der Halbinsel Portland in Dorsetshire.

Eine weitere Verbesserung erfuhr der Portlandzement infolge von Versuchen des englischen Generals Pasley, welcher den gewöhnlichen Kalkstein durch die englische Kreide ersetzte und diese mit blauem Septarienton — von der Mündung des Medwayflusses in die Themse — vermischte, aber nur im Schwachbrand gewonnenen Zement erzeugte. Erst 1845 erkannte Johnson das Fehlerhafte dieses Verfahrens und die Überlegenheit des gesinterten Klinkers; auch ermittelte er das geeignete Mischungsverhältnis von Ton und Kalk. Johnson ist mithin als der Vater der neuen, auf wissenschaftlicher Grundlage sich aufbauenden Zementindustrie anzusehen[2]).

Die guten Erfahrungen, welche mit dem künstlichen Zemente gemacht wurden, führten zunächst (am Ende der zwanziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts) zur Gründung der ersten Portlandzementfabriken in England, alsdann in weiterer Folge zu einer schnellen und umfassenden Entwickelung der englischen Portlandzementindustrie und zu einer Beherrschung des Weltmarktes bis über die Mitte des 19. Jahrhunderts hinaus.

1840 entstand in Frankreich die erste Portlandzementfabrik, und zwar in Boulogne-sur-Mer, 1855 die erste deutsche größere Anlage[3]) in Züllchow unweit Stettin; hier fanden — ähnlich wie in den englischen Betrieben — ein Septarienton, und zwar von

[1]) Vergl. hierzu die Ausführungen in B. u. E. 1904, Heft I, S. 5 und in D. B. Z. 1905, Nr. 7, S. 28, ferner die Protokolle der Versammlung des Vereins deutscher Portlandzementfabrikanten 1904, S. 144 und 1905, S. 144 und 145. Hier hebt Dr. Michaelis im besonderen hervor, daß Aspdin seine Erzeugnisse bis zur Sinterung gebrannt habe und demgemäß als Erfinder des Portlandzements anzusehen sei; allerdings soll sein Zement, wie es bei der reinen Empirie seines Verfahrens auch kaum anders zu erwarten steht, von noch sehr wechselnden Eigenschaften gewesen sein.

[2]) Von weiteren, im besonderen chemischen Arbeiten, das Wesen des Zementes zu erforschen, seien neben weniger wichtigen, französischen Veröffentlichungen genannt die Untersuchungen von John aus dem Jahre 1819, darauf hinweisend, daß im erhärteten Wassermörtel der Kalk nur teilweise als Karbonat vorhanden, zum Teil hingegen mit Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd chemisch verbunden sei, ferner von Fuchs (1829) und Pettenkofer (1849), die Einwirkung des Brennens erörternd, endlich die neueren Theorien von Winkler (1856), Zulkowsky (1863), Michaelis (1867), le Chatelier (1885), Törnebohm (1897), Rebuffat (1898), Rohland (1903) u. a. m.

[3]) Kleinere Versuchsanlagen befanden sich hierselbst schon von 1852 an, im besonderen hervorgerufen von Dr. Bleibtreu, der auch die Züllchower Anlage begründete.

der Odermündung, sowie Kreide von der pommerschen Küste — von Wollin — Verwendung. Über die Art und Weise, in welcher damals der Zement hergestellt wurde, geben die interessanten Mitteilungen in Anm. [1]) Aufschluß.

Da in Stettin ein Zement gewonnen wurde, welcher dem bisher fast ausschließlich verwendeten, englischen Erzeugnisse durchaus gleichkam und auch in wirtschaftlicher Beziehung den Wettbewerb mit dem englischen Material aufnehmen konnte, entstanden in Deutschland bald eine Anzahl von Zementfabriken, so in Oberkassel bei Bonn, Lüneburg, Oppeln, auf der Insel Wollin, bei Mannheim, in Finkenwalde bei Berlin, in Amöneburg bei Biebrich, in Ulm usw.

Bis 1860 war die Erzeugung von Zement in Deutschland verhältnismäßig gering. Der Wettbewerb des Auslandes — im besonderen wirksam wegen der billigen Seefracht von England nach den deutschen Hafenplätzen — und die zu den Hauptverkehrsstraßen nicht immer günstige Lage der deutschen Fabriken, nicht zum mindesten auch das falsche Vorurteil, die ausländischen Erzeugnisse seien den einheimischen überlegen, hinderten zunächst die Entwickelung der deutschen Zementindustrie. Erst in jahrzehntelanger Anstrengung gelang es deutscher Arbeit, gestützt auf ein einwandfreies, hervorragendes, auf wissenschaftlicher Grundlage hergestelltes Material, dem einheimischen Erzeugnis die ihm gebührende Stellung im Inlande wie auf dem Weltmarkte zu verschaffen [2]). Im besonderen waren diese Erfolge dem Umstande zuzuschreiben, daß einerseits die deutschen Fabrikanten die reine Empirie der Zementherstellung verließen, ihre Fabrikation ausschließlich auf wissenschaftlichen Boden stellten und andererseits scharfe Prüfungsvorschriften schufen, welche für eine gleichbleibende Güte des Materials Sicherheit boten. Grundlegend in diesen Beziehungen gearbeitet zu haben ist das Verdienst von Prof. Dr. Ing. h. c. Rud. Dyckerhoff in Biebrich a. Rh., von Prof. Hauenschild,

[1]) Vergl. B. u. E. 1905, Heft IX, S. 209 und 210: „Das fünfzigjährige Jubiläum der deutschen Zementindustrie, sowie die aus Anlaß dieses Jubiläums von der jetzigen Stettiner Portlandzementfabrik herausgegebene Festschrift". Die Fabrikation unter Dr. Bleibtreu war die folgende:

Die Wolliner Kreide wurde mit Hilfe eines Fahrstuhls auf den obersten Boden der Schlämmerei gehoben. Hier stürzte man sie in einen der sehr großen, gemauerten Schlämmbottiche und verwandelte sie in Schlamm. Nach anderthalb Tagen konnte das klare Wasser abgezogen werden, worauf man durch Analyse den Gehalt an kohlensaurem Kalk ermittelte. Ein Bagger brachte den Schlamm in den sog. Schlämmsaal, wo die berechnete Menge trockenen Tones aufgestreut und durch mehrmaliges Umstechen dem Schlamm einverleibt wurde. Hierauf ging die Mischung zwei- bis dreimal durch einen Tonschneider und wurde dann zu Ziegeln gestrichen, die auf den Herden von Koksöfen zum Trocknen abgesetzt wurden. Bereits am nächsten Tage wurden die Ziegel schichtenweise mit Koks in einen der drei Zementöfen eingesetzt, von denen jeder 200 Faß Zement lieferte. Jeder Ofen konnte wöchentlich einmal benutzt werden, sodaß in der Folge täglich 100 Faß erzeugt wurden. Die dem Ofen entnommenen Klinker wurden auf das oberste Stockwerk der Mühle gebracht und nach dem Zerschlagen der größten Stücke zwei Walzenpaaren zugeführt. Die Feinmahlung erfolgte auf sechs Mahlgängen. Das nach heutigen Begriffen sehr grobe Mehl war dabei so heiß geworden, daß es zunächst in eisernen Behältern abkühlen mußte, bevor man es in die hölzernen Fässer verpacken konnte. Man brauchte auf ein Faß Zement 60 kg Koks und 32 kg Steinkohlen. Der damalige Verkaufspreis von 15,20 Mark nach unserem Gelde für ein Faß deckte kaum die Herstellungskosten.

[2]) Das Anwachsen der deutschen Portlandzementindustrie — namentlich in der letzten Zeit — mögen die nachfolgenden Zahlen veranschaulichen. Die genannte Industrie bezahlte im Jahre 1886 8600000 Mark an Löhnen, im Jahre 1900 aber bereits 23200000 Mark für ein Jahr; die Anzahl der angestellten Arbeiter betrug in diesen Jahren 11800 bzw. 31400. Heute gibt es in Deutschland Werke mit einer Leistungsfähigkeit von mehr als einer Million Faß im Jahre.

Im Jahre 1910 betrug die Gesamtproduktion der zum Verein Deutscher Portlandzementfabrikanten gehörenden Zementfabriken 29600000 Faß Portlandzement. Vergl. Protokoll der Verhandlungen des vorgenannten Vereins vom 21., 22., 23. Februar 1910. Berlin 1910. Verlag der Tonindustrie-Zeitung.

Dr. Heintzel, Dr. Michaelis u. a., sowie dem Vereine der deutschen Portlandzementfabrikanten. Letzterem verdanken wir auch „die deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement", welche, aus dem Jahr 1877 stammend[1]), 1887 verändert und 1909 neuzeitlich bearbeitet und umgestaltet wurden.

Neben der Verwendung zu Mörtel liegt das hauptsächlichste Anwendungsgebiet der hydraulischen Bindemittel in der Erzeugung von Beton.

Erklärt man Beton durch den Grundbegriff „Grobmörtel" und versteht man hierunter eine Vereinigung der Bindemittel mit Sand, Kies oder Steinschlag, nebst Wasser in sehr verschiedenen Verhältnissen, so darf man aussprechen, daß die Anwendung des Betonbaues schon den alten Kulturvölkern bekannt gewesen ist.

Von den Römern wissen wir dies mit Bestimmtheit aus den Werken von Vitruv, Palladius u. a.; hier wird mitgeteilt, daß man schon damals Beton als Mauerwerk unter Verwendung von Kästen aus Brettern bei der Herstellung benutzte, überhaupt Beton in Form von Schüttungen und als erhärteten Steinblock verwendete. Im besonderen wird eines unter Caligula nicht weit von Neapel ausgeführten Molenbaues als eines hervorragenden Bauwerkes aus Beton Erwähnung getan. Der Beton der Römer scheint zuerst unter Verwendung hydraulischen Kalkes hergestellt worden zu sein; erst später dürfte man die günstige Einwirkung der hydraulischen Zuschläge Puzzolan und Santorinerde erkannt haben[2]).

Ausgedehnt in diesem Sinne war auch, wie schon vorerwähnt, der Abbau des Trasses zur Römerzeit in den z. T. noch heute im Betrieb befindlichen Brüchen in der vulkanischen Eifel unweit von Andernach a. Rh.[3]), d. h. die Verwendung dieses Zuschlages zum Beton.

Auch im Mittelalter ist — wenn auch in beschränktem Umfange — Beton verwendet worden. Allmählich aber ging diese Kunst verloren und auch die Zeit der Renaissance mit ihrem neu beginnenden Studium klassischer Baukunst und deren Errungenschaften hat hier wenig zu ändern vermocht; denn erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts finden sich, zunächst in Frankreich[4]), dann in England[5]), die Anfänge eines wiedererwachenden Betonbaues.

In Deutschland waren es zunächst einzelne Firmen, welche für den Betonbau eintraten; unter ihnen sind zu nennen, die 1838 gegründete Romanzementfabrik von Leube in Ulm, die schon von 1840 an Stampfbeton ausführte, die Firma Sattré in Düsseldorf und Dyckerhoff und Widmann in Karlsruhe bzw. Biebrich a. R.

---

[1]) Näheres s. bei dem Abschnitte: Portlandzement.

[2]) Vitruv sagt hiervon in seinem II. Buche seines Werkes „De Architectura":

Es gibt eine Staubart, welche von Natur wunderbare Dinge hervorruft. Sie kommt in der Nähe von Bajä und in dem Gebiete der Städte, welche um den Vesuv herumliegen, vor; sie verleiht in Verbindung mit Kalk und Bruchstein nicht nur den sonstigen Gebäuden Haltbarkeit, sondern, wenn man Dämme im Meere damit baut, so erhalten diese unter dem Wasser hohe Festigkeit.

[3]) Hier fand der Abbau unterirdisch vermittelst Stollen statt. Genaueres vergl. in: Hambloch Der Traß, seine Entstehung, Gewinnung und Bedeutung im Dienste der Technik. Julius Springer. 1909.

[4]) Im Jahre 1816 wurde in Frankreich eine größere Betonbrücke über die Dordogne bei Souillac aus Romanzement erbaut; 1834 fand der Beton in Form großer Blöcke von mehr als 10 cbm Inhalt beim Hafenbau in Algier Verwendung.

[5]) Zuerst wurde in England hydraulischer Kalk, dann Romanzement, endlich seit 1865 auch Portlandzement zum Betonbau benutzt. Hier kamen zunächst Betondecken zwischen gußeisernen Trägern in Aufnahme; ferner fand Beton zu Dock- und Molenbauten ausgedehnte Anwendung, so in Woolwich in Chatham und Portsmouth.

Heute gibt es kaum noch ein Gebiet des baulichen Schaffens, in dem der Beton sich nicht eingebürgert hat, namentlich in seiner neuesten Form in inniger Verbindung mit Eisen als Eisenbeton. Neben dem eigentlichen Portlandzement kommen hier als Bindemittel — wenn ihm gegenüber auch untergeordnet — die erst wenige Jahrzehnte alten Eisenportland- und Schlackenzemente[1]) zur Anwendung.

§ 93. Luftmörtel.

Hier kommen in Frage:
1. Lehmmörtel,
2. Gipsmörtel,
3. Luftkalkmörtel,

und zwar von letzterem 2 Unterarten a) der Fett- oder Weißkalkmörtel und b) der Grau(Magnesia- oder Dolomit-)kalkmörtel.

1. Der Lehmmörtel.

Der Lehmmörtel, aus mittelfettem Lehm und Wasser in Form eines mäßig dicken, gleichartigen Breies angemacht, dient nur untergeordneten Zwecken, vorwiegend in landwirtschaftlichen Bauten und hier im besonderen solchen, bei denen es sich um das Vermauern von Lehmsteinen handelt; ein allzu magerer Lehm gibt zu geringe Härte, während ein zu fettes Material durch erschwerte Trocknung und leichtes Reißen unvorteilhaft ist. Da Lehmmörtel von Wasser aufgeweicht wird und seine Erhärtung eine nur rein physikalische ist, so kann er ausschließlich für gegen die Feuchtigkeit des Baugrundes und der Atmosphäre geschützte Bauteile Verwendung finden, d. h. für Zwischenwände, für Außenmauern als Mörtel und Putz bei weit überstehenden Dächern u. dgl.; auch ist seine Druckfestigkeit eine sehr geringe und schon hierdurch seine Verwendbarkeit recht beschränkt. Für diese sprechen sein billiger Preis, die Einfachheit seiner Herstellung, die schlechte Wärmeleitung, die namentlich für seine Anwendung als Putz in die Wagschale fällt. Der gute Zusammenhang der einzelnen Mörtelteilchen wird durch Hinzufügung von zerschnittenem Stroh (Häcksel), Kiefernadeln, tierischen Haaren u. dgl. gesichert.

Zur Herstellung von Estrich — namentlich für Scheunentennen — wird der in Schichten von etwa 40 cm festgestampfte Strohlehm mit Hammerschlag vermengt und mit Teergalle (dem bei der Destillation zuerst abgehenden Wasser) oder Rindsblut getränkt; es entsteht ein durchaus elastischer, druckfester, dem Eindringen der Räder beladener Fuhrwerke bestens widerstehender Estrich. Schließlich kann Lehmmörtel auch zum Ausfüllen von Fachwerkwänden in Verbindung mit Stakhölzern sowie zum Lehmpiseebau — nach Vermengung mit Kies und Sand — Verwendung finden; es liegt auf der Hand, daß in letzterem Fall die zwischen Brettern gestampften Mauern bestens gegenüber der Erdfeuchtigkeit isoliert werden müssen.

2. Der Gipsmörtel.

Wie schon auf S. 176—177 hervorgehoben wurde, entstehen beim Brennen des Gipses je nach der hierbei verwendeten Temperatur und der teilweisen oder gänz-

[1]) Vergl. § 97.

lichen Austreibung des Hydratwassers zwei sehr verschiedene Bindemittel: der bei rd. 120—130° gebrannte, bläulich-weiße, mit Wasser schnell zu einer mäßig harten, nicht wetterbeständigen Masse wieder erhärtende Stuckgips und der bis zu etwa 950° C, d. h. nahe der Sinterzone gebrannte, hydraulische Eigenschaften zeigende, langsam aber bestens erhärtende, wetterfeste Estrichgips von rötlich-weißer Färbung. Letzterer allein bildet das Ausgangsprodukt zur Erzeugung des Gipsmörtels.

Vor dem Brennen werden die rohen, dem Steinbruche entstammenden Gipssteinstücke zerkleinert; hierzu bedient man sich, abgesehen von Handarbeit, maschinell betriebener Stampf- oder Walzwerke oder der Steinbrechmaschinen. Als Brennöfen kommen (für den Estrichgips)[1]) in Deutschland in Frage: der Harzer Schachtofen, der Erfurter Kammerofen, der Schachtofen von Albrecht Meier und der von Hotop[2]). Wenn auch im allgemeinen zum Brennen von Estrichgips eine Temperatur von rd. 500° C ausreicht, so muß doch mit Rücksicht auf die schlechte Wärmeleitung des Gipssteins, die Verdampfung des gesamten Hydratwassers, endlich eine sehr erwünschte Abkürzung der Brennzeit, eine erheblich höhere Temperatur bis etwa 950° C im Ofen herrschen. Dies entspricht dem Segerkegel 010. Die Zerkleinerung des Gipssteines für das Brennen geht hier nicht so weit wie beim Stuckgips; es genügen Stücke von 10—20 cm

---

[1]) Es sei hier kurz bemerkt, daß zum Brennen des Stuckgipses in Deutschland am meisten die sog. „Kocher" verwendet werden, d. s. Brennvorrichtungen für mehlfein gemahlene Gipssteine, bestehend aus Pfannen mit einer mechanisch betriebenen Rührvorrichtung und einer unter dieser angebrachten Feuerung, die in neuester Zeit durch eine Heizung mit überhitztem Wasser ersetzt wird. Von eigentlichen Öfen sind heute noch vielfach im Betrieb die sog. Backöfen mit Holz- und Braunkohlenheizung, in denen nach Zurückzug des Feuers der Gips, zu Taubeneigröße zerkleinert, mit annähernd gleichbleibender Temperatur gebrannt wird, ferner der Hoffmannsche Kesselofen, der Muffelofen von Bock, der Ofen von Kropf und endlich der Drehofen von Petry und Hecking. Der Kesselofen von Hoffmann (Bericht der Hauptversammlung des Deutschen Gipsvereins 1901, S. 51, DRP. 22400 vom Jahre 1882) besteht aus einem Kessel aus Eisenblech, ähnlich wie ein Dampfkessel ummauert, und mit einer Außenfeuerung ausgestattet, die rings mit Zügen versehen ist, welche die Feuergase auf die Außenfläche der Kesselwandung einwirken lassen. Der Gipsstein wird mit Hilfe eiserner Etagenwagen in den Kessel hineingefahren. Der Bocksche Kanalofen (Tonindustrie-Zeitung 1901, S. 145) wird in Mauerwerk errichtet und meist als Doppelofen ausgebaut. Die Feuerung liegt unter der überwölbten Kammer, und entsendet letztere allseits umgebende Heizkanäle; auch hier liegt der Gipsstein auf Förderwagen. Der Ofen von Kropf (Tonindustrie-Zeitung 1896, S. 47), zum Brennen von Gipssteinmehl dienend, zeigt einen stehenden zylindrischen Schacht aus Eisenblech, der zur Verringerung des Wärmeverlustes äußerlich mit Holz umkleidet ist. Der Zylinder wird durch 4 C-Stützen getragen, die ihn etwa 1,5 m frei schwebend über dem Boden halten, und besitzt in seinem Inneren eine Brennvorrichtung, die aus einer Anzahl übereinander angeordneter, eiserner Heizkörper besteht; diese sind an der einen Seite an ein Dampfzuleitungsrohr, auf der anderen an ein Kondenswasserableitungsrohr angeschlossen. In den Heizkörpern verdichtet sich der 150—160° besitzende Dampf zu Wasser, wodurch seine latente Wärme nutzbar gemacht wird. Der Drehofen von Petry und Hecking endlich ist für das Brennen des Gipssteines im Strome der Feuergase eingerichtet (Bericht der Hauptversammlung des Deutschen Gipsvereins 1901, S. 27, 1902, S. 43, DRP. 106048)); er brennt bis zur geringsten noch vorteilhaften Korngröße vorgebrochenen Gipsstein, und zwar (nach Vorwärmung) in einem drehbaren Eisenzylinder mittelst frischer Heizgase und im Gleichstrom; es treffen also die heißesten Gase auf den frischeren und daher noch weniger empfindlichen Gipsstein; zugleich wird das vorhandene feine Gipsmehl durch Verstärkung des Zuges der Feuergase zum Schutze gegen Totbrennen schnell fortgeführt, wozu die Fortbewegung des Brenngutes in gleicher Richtung wie die Feuergase wirksam mithilft.

Genaueres über diese Öfen und andere weniger häufig verwendete siehe in: Der Gips, II. Aufl., neu bearbeitet von Dr. Albert Moye, Leipzig 1906. Verlag Th. Thomas, S. 140—217.

[2]) Früher geschah das Brennen des Gipses auch in Meilern oder Haufen, indem man die größeren Gipssteine zu Feuergassen zusammenstellte und die kleineren darüber schüttete. Als Brennmaterial diente Holz. Diese Art zu brennen ist heute aufgegeben; nur noch in Ägypten wird Gips in dieser Art gebrannt.

Durchmesser, von denen die größeren deshalb erwünscht sind, weil sie einen guten Zug im Ofen sichern. Die zum Garbrennen erforderliche Zeit beträgt etwa 20—80 Stunden, der Brennstoffverbrauch mindestens 700 kg Steinkohle oder 1000 kg Braunkohle für je 10000 kg Estrichgips. Der Garbrand ist an dem Rissigwerden der Stücke auf ihrer Außenseite, und dem Verschwinden der einzelnen Gipskristalle im Innern zu erkennen.

a) Der Harzer Schachtofen ist ein einfacher, oben offener, zylindrischer Schachtofen, in den abwechselnd Gipssteine und Brennstoff, gleichmäßig verteilt und in wagerechten Schichten von oben aus eingebracht werden. Nach Entzündung der untersten Brennstoffschicht überträgt sich das Feuer mit dem Vorrücken des Garbrandes selbsttätig nach oben. Am Boden des gemauerten Schachtes befinden sich 2 oder 4 Ziehöffnungen. Als Brennstoff wird z. Z. kurzflammige Steinkohle von Nußgröße verwendet, und zwar in einem Rauminhalt von rd. $\frac{1}{10}$ der aufgegebenen Gipssteine. Der Betrieb des Ofens ist ein kontinuierlicher nach Art des Hochofens der Eisenindustrie, d. h. mit dem Abziehen des garen Gipses geht ein Nachfüllen von frischen Gipssteinen und von Kohlen Hand in Hand. Hierbei bilden sich in den verschiedenen Höhen Zonen mit verschiedener Temperatur heraus. Die Vorwärm-, die Brenn-, die Entwässerungs- und die Glühzone, endlich nach Verbrennen aller Kohle die Kühlzone. Damit ein gutes Abziehen des gargebrannten Gipses möglich ist, wird zweckmäßig auf der Sohle des Ofens eine vierseitige Pyramide eingebaut, auf deren steilen Flächen der Gips gut abgleitet.

In der Regel wird der Ofen als Doppelofen, d. h. aus zwei nebeneinander stehenden, gleichartigen Mauerwerkszylindern gebaut.

b) Der Erfurter Kammerofen (Tonind.-Ztg. 1900. S. 121) ist ein solcher, bei dem der Gipsstein nur mit der Flamme in Berührung kommt; er ist über rechteckigem Grundrisse errichtet, auf allen vier Seiten ummauert, durch ein Dach mit Schornstein abgeschlossen und mit einer Anzahl Rostfeuerungen einfacher Art versehen, die nebeneinander in eine Außenmauer eingebaut sind; sie liegen nebst ihren offenen Zügen im Boden der Brennkammer versenkt. In diese werden die Gipssteine, größere durch die Türe, kleinere durch die Fenster eingebracht; aus den größeren Stücken werden Feuergassen eingebaut, die zur Fortleitung der von den Feuerstellen kommenden Brenngase dienen. Der erzielte Gips ist ein durchaus gleichartiger, da alle Teile des Brenngutes ziemlich gleichmäßig von den Feuergasen getroffen werden.

c) Der Albrecht Meiersche Ofen (Ber. d. Hauptvers. d. Deutsch. Gipsvereins 1902, S. 26) besteht aus einem nach oben sich erweiternden trichterförmigen Schachte, an dessen unteren Teil sich vier außen und an den längeren Seiten des Trichters liegende Rostfeuerungen anschließen; von hier aus durchstreichen die Flammen den ganzen im Trichter befindlichen Gipsstein. Unter den Feuerungen verbreitert sich der Schacht wieder; hier ist ähnlich wie bei 1. zum bequemen Abziehen des gargebrannten Gipses ein pyramidenförmiger Sattel eingebaut[1]).

d) Der Hotopsche Ofen ist ebenfalls ein Schachtofen, der mit einer Koksfeuerung betrieben wird. In der Mitte des Ofens ist ein oben eingeschnürter hohler Chamottekern eingebaut, in den die von der Feuerung kommenden Gase gehen und dessen Außenfläche sie demgemäß erhitzen; rings um diesen Heizungskern liegt der ihn ringförmig umgebende Brennraum, durch den sich zudem radiale eiserne Rohre, vom Heiz-

[1]) Genaueres über diese Öfen sowie andere weniger häufige Systeme vergl. in dem in Anm. 1 auf S. 582 am Ende erwähnten, umfassenden Werke von Dr. Moye, S. 218—240.

kern ausgehend, ziehen, um die Brennhitze im Innern des Brennraumes gleichmäßig zu verteilen.

Dem Brennen des Estrichgipses folgt sein **Mahlen**. Als Maschinen für diese Arbeit kommen in Frage[1]: Zur Vorzerkleinerung: Steinbrecher, Glockenmühlen[2]) oder Brechschnecken[3]), zum Feinmahlen: Kollergänge, wagerechte und senkrechte Mahlgänge[4]) und Schleudermühlen (Desintegratoren). Zum Aussieben der einzelnen Korngrößen werden in der Regel Siebtrommeln verwendet.

Das Erhärten des gebrannten Estrichgipses, der chemisch betrachtet die Zusammensetzung: $CaOSO_3$ aufweist, entsteht in der Art, daß das zugesetzte Wasser einen Teil des in dem Brei enthaltenen Estrichgipses löst und ihn in ein Doppelhydrat verwandelt. Dieses ist in Wasser nur in geringerer Menge löslich als der Estrichgips; die somit mit Doppelhydrat übersättigte Lösung scheidet dieses kristallinisch aus. Hierdurch vermag dann dasselbe Wasser neue Mengen des leichter löslichen Estrichgipses aufzunehmen, ein Vorgang, der sich so oft wiederholt, bis aller Gips in Doppelhydrat umgewandelt ist.

Durch diese Art der Abbindung erklärt es sich, daß das Erhärten des Estrichgipses sehr viel langsamer vor sich geht als das Abbinden des Stuckgipses, da die Löslichkeit des letzteren in Wasser erheblich größer ist als die des ersteren und somit in gleicher Zeit geringere Mengen von Estrichgips hydratisiert werden als von Stuckgips.

Zur Herstellung von Gipsmörtel[5]) und Gipsbeton wird zweckmäßig kein besonders fein gemahlener Estrichgips verwendet, weil dieser allzuschnell erhärten würde, sondern i. d. R. ein körniges Material — von einer Korngröße wie scharfer Bausand — bevorzugt. Das Wasser ist gleichmäßig zuzusetzen und der Mörtel nicht zu dünn anzumachen, da er bei starkem Wassergehalt allzu porenreich wird. Meist wird dem Estrichgips zur Mörtelherstellung kein Sand zugefügt, weil er hierdurch an Erhärtungsfähigkeit und Festigkeit leidet[6]). Eine vielfach verwendete Mischung ist 8 RT. Gips auf 5 RT. Wasser, wobei 6 RT. eines gleichmäßig dickflüssigen Mörtels entstehen. Daneben finden sich auch Gipskalkmörtel, vielfach aus 1 RT. Gips und 1/3 mit feinem Sande angemengten Kalkmörtel zusammengefügt; an Stelle von Sand kann auch mit Vorteil fein gemahlene Hochofenschlacke treten. Zweckmäßig ist es, den mit Wasser

---

[1]) Vergl. auch S. 120.

[2]) Glockenmühlen dienen zur Zerkleinerung der faustgroßen, aus dem Steinbruche kommenden Stücke. Die Mahlarbeit wird meist durch einen drehbar angeordneten Mahlkegel bewirkt, der sich innerhalb eines ihn umgebenden zylindrischen Mahlrumpfes dreht.

[3]) Brechschnecken oder Schraubenmühlen beruhen auf der Einwirkung eines mit stark hervortretenden Schraubenwindungen versehenen Walzenkörpers, der sich in dem, mit gerippten Hartgußplatten gepanzerten, Mühlenkasten bewegt.

[4]) Unter wagerechten Mahlgängen werden solche verstanden, welche, an senkrechter Achse sich drehend, in wagerechten Ebenen die Mahlarbeit ausführen, während senkrechte Gänge solche sind, welche sich um wagerechte Achsen drehen. Als Mühlsteine finden Quarzsteine Verwendung.

[5]) Daß Gipsmörtel schon im Altertume viel verwendet wurde, ist auf S. 576 hervorgehoben. Auch in Deutschland finden sich mehr als 1000jährige Baudenkmäler in der Gegend des Südharzes, bei denen Gipsmörtel seinerzeit verwendet wurde; hier ist namentlich das Kloster Walkenried zu nennen. In neuerer Zeit ist die Verwendung des Gipsmörtels als Mauermörtel vorwiegend örtlicher Art.

[6]) Es liegt dies daran, daß der chemisch völlig neutrale Gips keine Verbindung mit dem Sande eingeht, sondern hier die Sandkörner nur als Fremdkörper zwischen den Gipsteilchen liegen und somit deren festes Verbinden hindern; auch verlangt hier die Art der Erhärtung nicht (wie bei Kalkmörtel) die Schaffung von Poren zur Einleitung der Abbindung und Erhärtung.

angemengten Estrichgips 24 Stunden stehen zu lassen, ehe man ihn verbraucht. Der Mörtel verträgt verhältnismäßig tiefe Temperaturen und ist noch bei 5—10° C Kälte gut verarbeitbar.

Eisen in Berührung mit Gips ist zweckmäßig zu verzinken, weil sonst durch die Schwefelsäure des Gipses eine Oxydation des Eisens eintritt.

Für a) Wand- und b) Deckenputz auf Rohrung u. dgl. verwendet man a) 3 RT. Kalk auf 1 RT. Gips und 4½ RT. feinen weißen Sandes, b) 2 RT. Gips auf 1 RT. Sand, also keinen Kalkzusatz. Recht gut fällt der Wandputz aus, wenn man einen Unterputz von Gips, mit Leimwasser angemacht, verwendet, und diesen glatt reibt und abschleift. Da Gips neutral reagiert, eignet sich ein reiner Gipsputz auch für die Aufbringung von Wandmalerei. Auf feuchten Wänden ist Gipsputz nicht verwendbar, da er hier nicht trocknet und mit der Zeit seine Bindekraft verliert. Durch Tränkung mit Leinöl oder in Benzin gelöstem Paraffin wird Gipsputz abwaschbar.

Ein neuerer Putz — Marmorputz — besteht vorwiegend aus Gips bzw. aus Gips und Weißkalk. Zum Anmachen dient hier ein zinkhaltiges Wasser mit dem gleichen Raumteil einer Lösung eines Alkalisilikates von 3° Bé und dann noch mit ebensoviel Wasser versetzt. Der Putz ist von großer Härte und marmorähnlichem Aussehen, dauernd und wetterbeständig.

Ein anderer Edelputz, der sich den in § 94 erwähnten Terranova usw. Putzarten anreiht, aber vorwiegend aus Gips besteht, ist Helioth, von A. Möller in Altona. Das bestens bewährte Mittel dient zu einem abwaschbaren Hart- und Glanzputz für Wände und Decken und zeichnet sich aus durch vielseitige Farbmöglichkeit, dauernden Glanz, vollkommeneFugenlosigkeit, bequeme Reinhaltung, große Dauer und Preiswürdigkeit. Helioth wird auf einen Unterputz von hydraulischen, bestens gelöschten Kalken aufgebracht und mit ihm kräftig verrieben, dann gefärbt und geglättet; ein Abwaschen mit Seifenwasser etwa 2mal im Jahr und ein einmaliges Nachpolieren in dieser Zeit werden empfohlen.

Vor dem Kalkmörtel hat der Gipsmörtel wesentliche Vorzüge. Er haftet fester am Stein, erhärtet schneller und kann — wie oben erwähnt — unbedenklich bei geringerer Kälte verwendet werden; auch ist Gipsmörtel besonders geeignet bei Verlegung hellfarbiger Fußböden oder Wandflächen, bei denen der Kalk(bzw. Zement)mörtel unschöne, dunkle Fugen ergibt; auch läßt sich Gipsmörtel für diesen Zweck beliebig und dauerhaft färben.

Gipsbeton wird aus gemahlenem Estrichgips, Sand und Steinen, auch Ziegelkleinschlag, Schlackengruß, Bimskies u. dgl. und Wasser hergestellt und vorwiegend zu Gipspiseebau verwendet. Zuerst werden i. d. R. die Steinstückchen in die (festen oder transportablen) Formen gefüllt und diese dann mit einem alle Hohlräume ausfüllenden Gipsmörtel aus 1 RT. Sand, 2 RT. Gips und 1½ RT. Wasser ausgegossen; zum guten Anschlusse einer folgenden Schicht werden in die noch nicht erhärtete vorangehende Steinstückchen eingedrückt, welche somit als Binder in die neue Schicht eingreifen. Bei einem derartigen „Guß“ vermag 1 Teil Gips 3 Teile Füllmittel zu binden. Diese Zahl erhöht sich beim Stampfen des Gipsbetons auf 1 : 7; daß letzterer härter und deshalb später auch weniger bearbeitbar wird als der Gußgipsbeton, dürfte erklärlich sein. Eine Zufügung schwefelsaurer Salze in geringer Menge zum Anmache-Wasser beschleunigt die Erhärtung des Gipsbetons. Es liegt auf der Hand, daß ein Gipspiseebau gegenüber der Erd- und Bodenfeuchtigkeit bestens zu isolieren ist,

Über Kunststeine aus Gips (Analith-Steine, Gipsplatten, Kunstmarmor u. s. f.) vgl. die Ausführungen in § 19 Seite 177 bis 189).

Zu Gipsestrich wird meist grob gemahlener, hydraulischer Gips ohne Sandzusatz verwendet. Beim Anmachen wird der Gips so langsam mit einer Schaufel in das Wasser eingetragen (eingestreut), daß sich keine zusammenhängenden Ballen bilden. Man fährt hiermit so lange fort, bis der Gips das Wasser überragt. Nachdem sich der Gips mit Wasser gesättigt hat, wird die Masse durchgearbeitet und gut gemischt, bis sie etwa die Beschaffenheit eines normalen Kalkmörtels aufweist; auch hierbei darf keine Neigung zur Klumpenbildung sich zeigen; vielmehr muß ein gleichmäßiger Brei entstehen. Zur Unterbettung dient eine geebnete Sand- bzw. Kohlenaschen-, besser eine Ziegelschicht[1]); sowohl die etwa 10 cm hohe Unterlage, wie der Estrich selbst sind ausreichend feucht zu halten. Nach etwa 12 Stunden pflegt der Estrich so fest geworden zu sein, daß man mit dem Finger nur noch einen geringen Eindruck in ihn machen kann; alsdann beginnt man ihn durch Schlagen mit hölzernen oder eisernen Schlageisen zum Zwecke späterer größerer Erhärtung zu verfestigen. Durch das Zusammenschlagen auf rund $^3/_4$ der ursprünglichen Höhe wird die Gipsmasse aus dem Zustand der Erstarrung in einen zähen Brei zurückgeführt, der im Verlaufe weniger Tage von neuem erhärtet, jetzt aber sehr viel weniger porös und demgemäß härter und fester als ohne Schlagen ist. Es hat dies seinen Grund darin, daß durch die Verdichtung des Estrichs neben dem Austreiben von Luft aus den oberen Schichten Wasser aus den unteren nach oben gelangt und hier die Hydratisierung befördert. Nach etwa 8—14 Tagen ist der Estrich begehbar; um ihn mit Linoleum zu belegen, ist eine vollkommene Austrocknung notwendig.

Manchmal fügt man aus Gründen der Billigkeit auf 1 RT. Gips $^1/_3$ Quarzsand oder Kohlenasche zu, auch kann die Oberfläche durch Eindrücken natürlicher oder künstlicher Steinstückchen beliebig gefärbt und belebt werden. Ein Zusatz von Portlandzement, der aber nicht mehr als 1,5 v. H. betragen soll, befördert die Erhärtung. Schwinden und Treiben des Gipsestrichs tritt nicht ein, wenn auf 1 RT. Wasser etwa 2,4 RT. Gips Verwendung finden; vielfach ist ein Mischungsverhältnis von 1 Wasser : 3 Gips üblich = 2,5 T Mörtelmasse.

Über die Festigkeit des Gipsmörtels liegen nur wenige Versuche vor. Tetmajer fand bei Untersuchung der Schweizer (Stuck-)Gipse:

	nach 7	28	84 Tagen	
eine Zugfestigkeit:	11,8	19,3	23,1	kg/qcm
eine Druckfestigkeit:	55,6	83,2	127	kg/qcm

Nach Dr. Moye[2]) beträgt die Druckfestigkeit von Estrichgips nach feuchter Lagerung der Würfel schon nach 14 Tagen nicht selten 200 kg/qcm und steigt nach 4 Wochen bis auf 220—230 kg/qcm; nicht allzu selten zeigen sich auch Festigkeiten über 250 kg/qcm. Als Größtwert der Zugfestigkeit gibt Moye 20 kg/qcm an; hier findet sich kein so ausgeprägter Unterschied, wie bei der Druckfestigkeit zwischen Stuck- und Estrichgips.

Vielfach wird die Güte des Gipses durch eine einfache Kuchenprobe (vgl. die Ausführungen beim Abschnitte Portlandzement) bestimmt, die man nach Erhärtung von der Glasplatte abhebt und in die man von unten her mit dem Messer eine gerade Linie einritzt. Beim Zerbrechen soll der Kuchen in dieser Linie brechen

[1]) Es ist zu vermeiden, Gipsestrich auf einer Beton- oder Zementmörtelunterlage aufzuführen, da an der Berührungsfläche leicht ein Treiben und damit eine Lockerung stattfindet.

[2]) Vergl. sein Werk Der Gips, II. Aufl., S. 324 und 325.

und der Bruch vollkommen glatt und scharf sein. Das Treiben des Gipses[1]) weist man zweckmäßig mit Hilfe des Nadelringes von le Chatelier nach, d. h. eines 30 mm breiten und 30 mm Durchmesser zeigenden, an einer Seite aufgeschnittenen, federnden Messingringes; an der Trennungsfuge sind 2 feine Nadeln von 150 mm Länge aufgelötet, die sich mit ihren Spitzen berühren, sofort aber auseinandergehen, wenn der im Ringe angemachte Gipsmörtel eine Ausdehnung erfährt.

Einen weiteren Anhalt über die Güte des Gipses liefert die Bestimmung des Wasserbedarfes beim Anmachen, d. h. des Gewichtes des Gipses, das mit 100 ccm Wasser sich zu einem steifen Brei vereinigt; es sei aber hervorgehoben, daß die grob gemahlene Handelsware nicht allzu scharfe Ergebnisse liefert.

Die Erhärtung des Gipses (nach seinem Abbinden) wird zweckmäßig mit Hilfe der für Zementprüfungen verwendeten Vicatschen Nadel — allerdings mit Aufbringung besonderer Gewichte auf diese — geprüft. Die mit der Zeit zunehmende Belastung der Nadel wird hier so bemessen, daß diese nur um 5 mm unter die Oberfläche des Kuchens eindringt. Dr. Moye gibt in seinem Werke: „Der Gips“[2]) an, daß die Belastung in besonders günstigen Fällen nach 24 Stunden schon 1 kg, nach 4 Tagen 10 kg, nach 8 Tagen 21 kg überschritt.

Zur Bestimmung der Druckfestigkeit werden Würfel von 50 qcm Grundfläche benutzt, die durch Gießen oder Stampfen in eisernen, innen (gegen das Rosten) mit Schellack überstrichenen Formen erzeugt werden. Zusatzstoffe werden hierbei trocken mit dem Gips vermengt und mit diesem zusammen in das Wasser eingestreut; nur wasserabsaugende Stoffe — wie Kohlenasche, Bimskies u. dgl. — bringt man in wassergesättigtem Zustande in den Gipsbrei. Bei dem steifen Estrichgips werden die Formen bis etwa $^3/_4$ cm über die Oberkante gefüllt und alsdann glatt abgestrichen. Das Entformen erfolgt, sobald die Masse einem sanften Drucke des Fingernagels standhält. Würfel aus Mischungen mit Sand usw. werden zweckmäßig mit Hilfe des Böhmeschen Hammerapparates eingeschlagen. Die Würfel sind während ihrer Abbindezeit bedeckt zu lagern, damit das Wasser nur wenig verdunstet. Die Verdunstung ganz zu verhindern, empfiehlt sich nicht; hierbei bleiben die Körper etwas weich. Nach dem Abbinden lagern die Körper zweckmäßig in Gipswasser oder unter feuchtem Sande. Im ersteren Falle ergibt sich eine höhere Druckfestigkeit.

Zur Bestimmung der — weniger wichtigen — Zugfestigkeit dient zweckmäßig die 8-er Form des Zementprobekörper und der Michaelis-Frühlingsche Gewichtsapparat. Die Herstellung und Behandlung der Proben ist die gleiche wie beim Druckversuche[3]).

3. Der Luft-Kalkmörtel.

Luftkalke sind Erzeugnisse, gewonnen durch Brennen von Kalksteinen, die nur an der Luft erhärten und deshalb zu sogen. unselbständig erhärtenden Mörteln führen, im Gegensatz zu denen, die auch unter Luftabschluß fest werden. Alle gar gebrannten, kristallinisch-körnigen oder dichten Kalksteine, die beim Löschen unter erheblicher

---

[1]) Über die Treibeprobe vermittelst Preßkuchen u. dgl. vergl. das Moyesche Werk: Der Gips, II. Aufl., S. 319–321.

[2]) Die bezüglichen Angaben befinden sich in der II. Aufl. (1906) auf S. 318.

[3]) Genaueres über die chemische und mechanische Prüfung von Gips siehe in dem mehrfach genannten Moyeschen Werke (II. Aufl. 1906) S. 294—329.

In allerneuester Zeit hat auch der Deutsche Gipsverein Vorschriften zur einheitlichen Prüfung herausgegeben. 1912. Verlag Tonindustrie-Zeitung.

Wärmeentwickelung und Raumvergrößerung in ein mehlig weiches oder körnigsandiges Pulver (Kalkhydrat) zerfallen, liefern fetten bzw. mageren **Luftkalk**.

Nach der chemischen Zusammensetzung der Kalksteine und dem hierdurch bedingten, auch in der Aufbereitung zum Ausdrucke kommenden, verschiedenartigen Verhalten, unterscheidet man: a) Weiß- oder Fettkalk, auch Speckkalk genannt, gewonnen vorwiegend aus kohlensaurem Kalke mit nur geringen Beimengungen (weniger als 10 v. H.), b) Graukalk, Magnesia- oder Dolomitkalk.

a) Weißkalk.

Chemisch reine Kalkerde, CaO, bestehend aus 71,4 Gew.-T. Kalzium und 28,6 Gew.-T. Sauerstoff, wird durch längeres Glühen von kohlensaurem Kalk gewonnen. Bei über 400° C fängt der Stein an, seine Kohlensäure zu verlieren, bei 1330—1400° C ist dieser Vorgang zu Ende geführt.

Theoretisch entweichen bei einem Kalkstein aus 100 Gewichtsteilen 44 Teile CO_2, während 56 Teile CaO, d. h. Ätzkalk, zurückbleiben. Da jedoch die wenigsten Kalksteine rein sind, sondern einen mehr oder weniger großen Gehalt an Wasser, an organischen Beimengungen, an Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Magnesia u. dgl. besitzen, so ist auch die Ausbeute schwankend. Im Gegensatze zu der sehr erheblichen Gewichtsverminderung steht eine geringere, etwa 10—20 v. H. betragende Volumenänderung.

Das Brennen des Weißkalkes erfolgt i. d. R. zwischen den Segerkegeln 10—14; der Brand darf einerseits nicht zu schwach sein, weil sonst das Innere des Kalksteins nicht umgewandelt wird, andererseits auch nicht zu stark betrieben werden, da sonst der unreine Kalk — namentlich bei Tongehalt — oberflächlich oder auch im Inneren versintert, totgebrannt wird. Dies ist bei reinem Kalkstein nicht zu befürchten, der selbst bei den höchsten Temperaturen noch nicht schmilzt; hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß nicht am Stein anhaftende Quarzerde, Berührung mit tonhaltiger Asche der Brennkohle u. dgl. doch noch eine Schädigung bewirken. Gesinterter Kalk ist namentlich deshalb gefährlich, weil er zur Bildung von „Sprengkörnern“, die zum Treiben im Mörtel Veranlassung geben, führt, während zu schwach gebrannter Kalk durch geringe Ergiebigkeit beim Löschen unwillkommen ist.

Gargebrannter Kalk darf nur noch geringe Mengen von CO_2 enthalten, wovon man sich — an einer Probe — durch Übergießen mit einer Säure überzeugt.

Die Kalkbrennöfen werden unterschieden in periodisch und dauernd betriebene; auch trennt man sie, je nachdem man Kalksteine und Brennmaterial lagenweise einbringt, oder eine besondere Feuerung anordnet, in Öfen mit „kurzer“ und „langer“ Flamme.

Zu den periodisch betriebenen, heute nur noch wenig benutzten Öfen sind zunächst die schon im Altertume verwendeten Meiler-, sowie Gruben-Feldöfen zu zählen; hierher gehören ferner die Trichteröfen und die deutschen oder Kasseler Öfen.

Die meist kreisrund gebauten Meiler (bis 5 m Durchmesser und Höhe) werden aus Kalkstein- und Steinkohlenlagen mit im Innern freigelassenen Schürgassen zusammengebaut und während 5—6 Tagen in Glut erhalten; es liegt auf der Hand, daß das Enderzeugnis von ziemlich ungleichmäßiger Beschaffenheit ist. Gruben- und Feldöfen werden meist an der Böschung eines Kalksteinbruches unmittelbar angelegt und — nach Auskleidung der Wände mit größeren Kalksteinen — der Einsatz in diesen so ausgeführt, daß in der Mitte ein ausreichend großer Brenn- und Schürraum verbleibt, in den meist Holz als Brennstoff eingeführt wird; auch hier ergibt sich ein ungleich gebrannter, stark verunreinigter Kalk.

Trichteröfen bestehen aus einem im Querschnitte meist kreisrunden, nach oben sich erweiternden Schachte, an dessen unterem Ende sich eine oder mehrere mit Rosten versehene Feuerstellen befinden, welche zum Entzünden des Ofeninhalts dienen; dieser besteht auch hier aus schichtweise eingetragenen Kalksteinen und Brennstoff; letztere stützen sich auf ein vorübergehend über den Rost in den Schacht eingebautes Gewölbe aus Kalksteinen mit ausreichend großen Fugen oder auf ein dauerndes, durchbrochenes Chamottegewölbe. Für die gebrannten Kalksteine sind seitliche Abzugsöffnungen angeordnet.

Über den Kasseler Ofen vgl. S. 307 und Abb. 94a u. b.

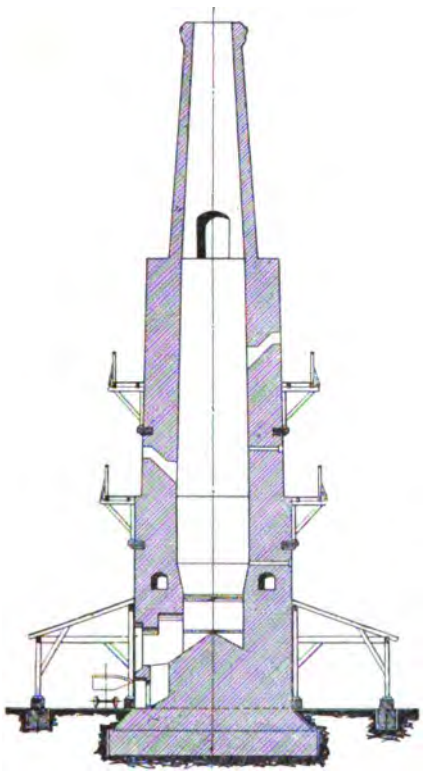


Abb. 1.
Schachtofen zum Brennen von Kalk mit unten liegender Feuerung.

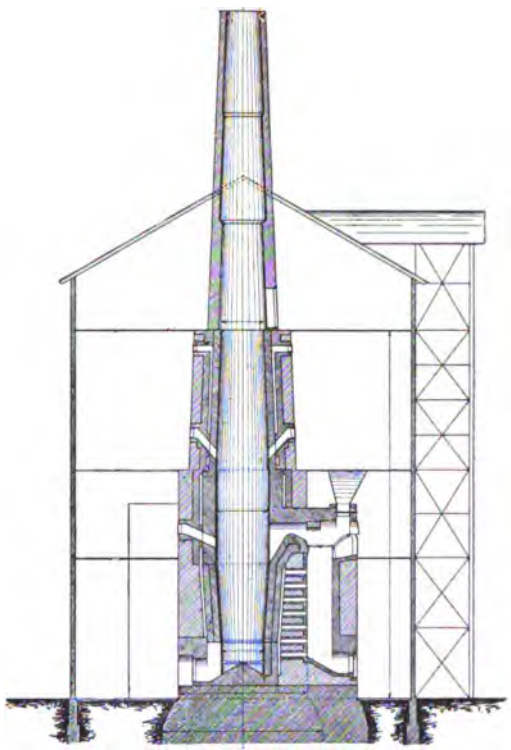


Abb. 2.
Schachtofen zum Brennen von Kalk mit seitlicher Feuerung.

Die Leistung der periodisch brennenden Öfen ist eine beschränkte, der Brennstoffverbrauch ein hoher[1]).

Von Daueröfen kommen in Frage Schacht- und Ringöfen.

Schachtöfen — einfacher Art, wie sie Abb. 1 zeigt — können sowohl mit kurzer wie mit langer Flamme betrieben werden, je nach dem besonderen Zwecke und dem Rohmaterial. Vorwiegend wird kleinstückiger Kalk im Ofen gebrannt; die Leistung an gebranntem Kalk geht von 5000—10000 kg für einen Tag; namentlich bei größeren Öfen erreicht der Verbrauch an Kohle nur 16—18 v. H. Die Ofenhöhe beträgt meist 12—14 m, die Lichtweite an der Gicht 1—3 m. Beim Einsetzen des Kalksteins ist auf eine gute „Dichtung“ an den Seitenwänden zu achten, damit das Feuer nicht vorwiegend

[1]) Man gebraucht etwa 40—50 kg Kohle, um 100 kg gebrannten Kalk zu erhalten.

hierher geleitet wird und im Ofeninnern kein ungarer Kalk verbleibt. Die Feuerung kann — wie Abb. 1[1]) erkennen läßt — unmittelbar im untersten Teile des Schachtes liegen, oder, Abb. 2[1]), mittelst seitlicher Roste bewirkt werden. Da im letzteren Falle die Verbrennung der Brennstoffe außerhalb des Ofens stattfindet, kommt der Kalk mit Kohle oder Asche nicht in Berührung und bleibt demgemäß ziemlich rein. Die Rostfeuerungen lassen sich auch leicht als Halbgasfeuerungen ausbilden, indem der auf dem Rost nur teilweise zu CO (neben CO_2) verbrannte Kohlenstoff bei seinem Eintritte in den Brennschacht unter Hinzutritt hocherhitzter Verbrennungsluft nachträglich noch in CO_2 umgewandelt wird; zu diesem Zwecke wird z. B. besondere Speiseluft unter den Rostflächen dem Ofen zugeführt. Auch kann die Feuerung unmittelbar durch Generatorgase (aus Stein- oder Braunkohle, Torf, Holz usw.) bewirkt werden (System Witte, Baier usw.).

Abb. 3.
Ansicht eines Schachtofens mit Beschickungsbrücke.

Meist werden — Abb. 3 — die Schachtöfen in Verbindung mit dem Steinbruche so angelegt, daß sie die Anordnung einer Aufzugsmaschine ersparen und der Kalkstein unmittelbar nach dem obersten Teile des Brennschachtes auf einer einfachen, wagerecht liegenden Transportbrücke verkarrt werden kann. Die Leistung der Öfen ist eine begrenzte.

Als besondere Art eines Schachtofens sei genannt: der Rüdersdorfer Kalkofen, ein einfacher Schachtofen mit einer Anzahl seitlich liegender Feuerungen und einem in einzelne Kammern in senkrechtem und wagerechtem Sinne geteilten Umbau. Diese Kammern dienen zum Aufbewahren von Brennstoff, Vorwärmen des Ofens bzw. der Lagerung des fertiggebrannten Kalkes. Da die Feuerungen erst etwa 2 m über der Sohle des Schachtes in diesen einmünden, so kühlt der fertig gebrannte Kalk im untersten Schachtteile bereits etwas ab.

Der Ringofen ist für den Großbetrieb heute der bevorzugte Kalkofen, weil er gestattet, bis zu 200000 kg Kalk in 24 Stunden zu brennen, einen Kohlenverbrauch von nur 12—20 v. H. des Kalkgewichtes aufweist, den Betrieb beliebig einzuschränken und zu verstärken erlaubt und einen außerordentlich gleichmäßig gebrannten Kalk aus dem in großen Stücken einzubringenden Steinmaterial erzielt.

Die Anordnung und der Betrieb der in der Kalkindustrie verwendeten Ringöfen ist im allgemeinen den für das Brennen der Ziegel benutzten gleichartigen Öfen entsprechend[2]); nur wird hier — bei der normalen Streufeuerung — der rohe Kalkstein in den Kammern besonders aufgestapelt und zwar so, daß unter den Heizlöchern senk-

[1]) Abb. 1—3 sind der Broschüre von Rudolf Witte, Ingenieur, Osnasbrück, Ofen für die Kalkindustrie, entnommen.

[2]) Vergl. S. 309—313.

rechte Schächte zum Einwerfen des Brennstoffes bis auf die Kammersohle und in den untersten Schichten Feuergassen zur Weiterleitung der Verbrennungsluft und Fortführung der Gase nach dem Rauchkanal ausgepart werden. Die zylindrischen Heizschächte sind hierbei naturgemäß senkrecht über die Gassen zu setzen, wie überhaupt besondere Sorgfalt und gute Sachkenntnis beim Einsatz der Kalksteine obwalten müssen, um eines gleichmäßigen Garbrandes sicher sein zu können.

Nach den Grundrißformen der Öfen kann man auch hier, wie bei denen der Tonindustrie, unterscheiden: Langringöfen oder Mehrschenkelringöfen, nach der Art der Befeuerung solche mit Streufeuerung (vgl. oben), daneben mit Rost- und Gasfeuerung. Einfache Längsöfen sind für Tagesleistungen bis zu 50000 kg am Platze, darüber hinaus empfehlen sich Doppel- oder mehrfache Betriebe, namentlich solche mit großer Brennlänge, d. h. hoher Ausnutzung der Feuergase[1]); auch gestatten diese Mehr-Schenkelöfen sich dem anstehenden Gelände aufs beste anzuschließen.

Die Streufeuerung, d. h. die Einschüttung des Brennstoffes zwischen das Brenngut von oben aus, bildet die meist verwandte Feuerungsart; naturgemäß wird hierbei der Kalk ein wenig durch Asche und Verschlackungen verunreinigt, was zwar für die spätere Benutzung als Mörtelbildner ohne Bedeutung ist, aber von der chemischen Industrie unangenehm empfunden werden muß. Um reinen Kalk zu erzielen, sind deshalb Ringöfen mit an der Außenseite der Brennkammern auf deren Sohle angeordneter Rostfeuerung, daneben — seltener nach System Hotop — mit Gasfeuerung erbaut worden; hierbei wird das Gas in abseits vom Ofen liegenden Generatoren erzeugt und mit Hilfe von Kanalzuleitungen und durchlöcherten Chamotteröhren den Kammern sehr gleichmäßig zugeleitet[2]).

Dem Brennen folgt das Löschen des Kalkes. Gebrannter Weißkalk, der die Fähigkeit und das Bestreben hat, aus der Luft größere Feuchtigkeitsmengen und mit ihnen CO_2 aufzunehmen und sich hiermit zu verbinden, ist möglichst frisch zu löschen. Die Löscharbeit kann von Hand aus oder maschinell im Großbetriebe — in den Kalklöschereien — erfolgen. In jedem Falle ist für Zufügung von Wasser in erheblichem Überschusse und kräftiges Durcharbeiten des entstehenden Breies Sorge zu tragen; jedoch darf auch an Wasser nicht allzuviel zugesetzt werden, weil hierdurch das „Gedeihen" des gelöschten Kalkes, d. h. die infolge der Hitze- und Dampfentwickelung eintretende Erscheinung des Quellens mehr oder weniger beeinträchtigt wird. Im allgemeinen brauchen theoretisch 56 Gew.-T. CaO 18 Gew.-T. H_2O, um 74 Gew.-T. CaH_2O_2 zu bilden, d. h. es erfordern zu diesem Übergange 100 Gew.-T. CaO 32 Gew.-T. Wasser; praktisch werden aber zunächst zu 1 T. Kalkstücken 2 T. Wasser zugesetzt, worauf der Brei, damit er nicht verbrennt, mittelst eiserner Krücken stark umgerührt wird, um schließlich — nach etwa $^1/_2$ Stunde — nochmals $^1/_2 - 1$ Teil Wasser zuzufügen; im ganzen werden also 2,5—3 T. Wasser zugesetzt. Dr. Kiepenheuer gibt in seinem in Anmerkung 2 erwähnten Werke an, daß zu 1 cbm gelöschtem Kalk durchschnittlich 1,4 cbm Wasser gebraucht werden. Da 1 cbm gelöschter Kalk aus 0,55 cbm gebranntem Kalk gewonnen wird, so erfordert mithin 1 RT. gebrannter Kalk zum Ablöschen $\frac{1,40}{0,55}$ rd. 2,6 Teile Wasser. — Das Löschen selbst erfolgt meist in Pfannen oder

[1]) Zu nennen sind hier u. a. die Öfen, gebaut von Eckardt und Ernst Hotop, G. m. b. H., Köln und Berlin. In neuerer Zeit sind Öfen mit 4 und 5 Schenkeln ausgeführt worden mit täglicher Leistung bis 300000 kg.

[2]) Genaueres vgl. in Kalk und Mörtel von Dr. L. Kiepenheuer, Köln 1907. Kom.-Verlag v. H. A. L. Degener, Leipzig. S. 173—175.

Löschbänken, d. s. hölzerne Behälter mit an einer Seite verschließbarer, vergitterter Abflußöffnung. Der zunächst flüssige Kalkbrei wird nach einigen Tagen infolge Verdunsten (und Versickern) des überflüssigen Wassers steif und erhält nach kurzer Zeit auf seiner Oberfläche 2—3 cm tiefe Risse, die ein Zeichen seiner vollkommenen Ablöschung, also seiner Verwendbarkeit sind. Während dieser Kalk für Mörtelzwecke sofort benutzbar ist, empfiehlt es sich, ihn für Putzarbeiten noch längere Zeit stehen zu lassen, um sicher zu sein, daß auch alle kleinsten Teilchen gut abgelöscht sind, und später kein „Blasentreiben" an Wand- und Deckenflächen eintritt.

Die Aufbewahrung des fertig gelöschten Kalkbreies erfolgt in besonderen Kalkgruben, die je nach der Beschaffenheit des Bodens, in den sie gegraben werden, ohne bzw. mit Ausmauerung hergestellt werden. Während eine solche in wasseraufsaugendem Sande nicht zu vermeiden ist, braucht man in festem Lehm- oder ähnlichem Boden keine Ummauerung, ja eine solche wäre in diesem Falle unzweckmäßig, da hier das überflüssige Wasser, welches zudem später Ausblühungen veranlassende Salze in Lösung zu enthalten pflegt, versickern kann. Gemauerte Kalkgruben werden am besten — falls Platz vorhanden — mit abgeböschten, 1/2 Stein starken Wänden und gleichartig ausgebildetem Boden ausgeführt [1]); wenn hier auch beim erstmaligen Benutzen das Wasser durchsickert und der Kalk vielleicht ein wenig trocken wird, so wird sich doch bald hinter der Mauerbekleidung eine Kalkschicht bilden, welche den Wasserdurchlauf in erheblichem Umfange verhindert. Der in Gruben aufbewahrte Kalk wird von einer Sandschicht überdeckt, d. h. angenähert unter Luftabschluß aufgehoben und hält sich hier sehr lange; höchstens muß die oberste, bereits abgebundene Schicht beseitigt werden. In diesem Sinne soll auch das Ausstechen des Kalkes aus der Grube in flachen Schichten erfolgen, um den übrig bleibenden Teil wieder gleichmäßig mit einer Sandschicht überdecken zu können.

Sehr viele, auch einwandfrei gelöschte, Weißkalke — namentlich bei Vorhandensein von im Durchschnitt 3—4 v. H. Tonerde und Kieselsäure oder einer anhaftenden, entsprechenden tonigen Quarzerde — enthalten sogen. „Sprengkörper", d. s. Kalktonerdsilikate, welche im Verputz zur „Blasenbildung" führen können. Das Entstehen solcher unangenehmen Körner kann durch eine beschleunigte und anhaltende Zerteilung der im Zerfall befindlichen Massen beim Ablöschen des Kalkes erheblich vermindert werden, wozu namentlich mechanische Rührwerke heranzuziehen sind [2]) — ein Vorzug des im Großbetriebe maschinell gelöschten Kalkes. Auch wirkt ein Zusatz von größeren Wassermengen zur Verdünnung und Abkühlung des Breies günstig, da sich hierbei die Sprengkörner als die schwereren Teile leicht zu Boden setzen und somit beim Einlassen des Kalkes in die Grube unschwer zurückgehalten werden können.

Die Ablöschung des Kalkes im großen, also in besonderen Kalklöschereien, ist wegen der besseren Ausführung der Arbeit dem Handbetriebe durchaus vorzuziehen [3]); hierbei wird der Kalk in Bottichen vermittelst eines Rührwerkes gelöscht und nach Beseitigung des Rückstandes durch Siebe in Kalkgruben geleitet. Von hier aus befördert eine Transportschnecke den Kalk in einen Schacht, von dem aus er nach Verdünnung mit Wasser durch eine Pumpe dem Mörtelwerke zugeführt wird. In diesem wird der Kalk mit dem meist mechanisch herangeführten, ausgesiebten Sande in besonderen Mörtelmischern vereinigt, vgl. weiter unten.

---

[1]) Vergl. das in Anm. 2 auf S. 591 angeführte Werk von Dr. Kiepenheuer, S. 31.

[2]) Genaueres siehe in dem mehrfach erwähnten Werke von Dr. Kiepenheuer, S. 37.

[3]) Vergl. hierzu das durch langjährige Praxis gestützte Urteil von Dr. Kiepenheuer in seinem Werke: Kalk und Mörtel, S. 175—176.

Ein Trockenlöschen des Weißkalkes ist nur selten üblich[1]), da die Ausgiebigkeit sich verringert.

Ein RT. frisch gebrannten Kalkes liefert bei Handarbeit 1,8—2,0, bei maschinellem Betriebe 2,0—2,2 RT. gelöschten Kalk, d. h. 10000 kg CaO ergeben 23—25, bzw. 25—27,5 cbm CaH_2O_2; demgemäß liefert die mechanische Ablöschung bei obiger Kalkmenge ein Mehr von 2—2,5 cbm, d. h. einen Geldgewinn von rd. 35—45 Mk.

Die Vereinigung von gelöschtem Weißkalk und Sand zu Fettkalkmörtel erfolgt i. d. R. bei Verwendung zum Mauern im Verhältnis 1 : 3—1 : 4, zum Verputz von 1 : 2—1 : 2,5. Je besser der Kalk, namentlich je vollkommener er abgelöscht ist und je intensiver die Mörtelmischung bewirkt wird, um so weniger Kalk wird benötigt, um die gleiche Mörtelfestigkeit zu erzielen[2]). Deshalb ist auch hier der maschinell erzeugte Kalkmörtel im Vorteil[3]).

Theoretisch sollte soviel gelöschter Kalk dem Sande zugesetzt werden, als Spiel-(Luft)raum zwischen den Sandkörnern vorhanden ist; der Einfachheit halber haben sich hier jedoch bestimmte Mischungsverhältnisse unter Berücksichtigung des Verwendungszweckes ausgebildet. Der Sand selbst soll verschiedenkörnig, zweckmäßig zu $^2/_3$ grob-, zu $^1/_3$ feinkörnig sein. An Wasser ist soviel zuzufügen, daß der Mörtel steif, seine Verarbeitung aber leicht ist.

Bei der Vereinigung von Kalkbrei und Sand findet eine Volumenverringerung statt. Es ergeben:

1	RT.	gebr.	Kalk	+ 2	RT.	Sand	2,4	RT.	Mörtel,
1	„	„	„	+ 2½	„	„	2,8	„	„ ,
1	„	„	„	+ 3	„	„	3,2	„	„ ,
1	„	„	„	+ 4	„	„	4,0	„	„ .

[1]) Als maschinell betriebene Kalklöscher für Trockenlöschung sind zu nennen:

1. allseitig geschlossene Mulden mit seitlichem Zuflusse von Wasser — weniger gut für Weißkalk,
2. Rotierende Kalklöschtrommeln, in Kugel- oder Zylinderform; hier erfolgt das Ablöschen unter hoher Dampfspannung (bis 8 Atm.), sodaß ein sehr gutes Ablöschen stattfindet,
3. Mischvorrichtungen, welche mit einer breiigen Kalkmasse fein gemahlenen oder körnigen Ätzkalk vereinigen, und zwar in solcher Menge, daß das im Brei vorhandene Wasser zur Löschung des CaO vollkommen benötigt wird und somit trocken gelöschter Kalk entsteht.

Weiteres vergl. im Abschnitte über hydraulische Kalke.

[2]) Für kleinere Mörtelmengen benutzt man zur maschinellen Mischung des Mörtels zylindrische, sich meist um ihre Längsachse drehende Trommeln, bei denen durch entweder an der Trommelwelle oder an der Trommelinnenseite angebrachte Zinken, Schaufeln, Vorsprünge u. dergl. die Durcharbeitung des Mischgutes erfolgt; andere Vorrichtungen beruhen auf dem Grundsatze der Tonschneider (vergl. S. 278) und zeigen eine wagerechte oder senkrechte oder schräg liegende Mischtrommel. Die Mischarbeit selbst kann durch Zinken oder Messer (z. B. System Schlickeysen-Berlin) bewirkt werden. Ferner finden Quetschwerke oder Kollergänge (vergl. S. 275) mit fester Pfanne bzw. beweglicher Pfanne und umlaufenden Walzen Verwendung, weiter trichterförmige Mischer (z. B. System Gauhe, Gockel & Co. zu Oberlahnstein), deren Mischarme nach unten zu entsprechend der Form des Mischgefäße sich verkürzen und somit der hier schwereren Rührarbeit Rechnung tragen, weiter fahrbare bzw. transportable, oben in der Regel offene Trog-Mischmaschinen (System Gauhe, System Schumacher-Köln a. Rh., J. Bodländer-Breslau u. a. m.).

[3]) Nach Mitteilung von Dr. Kiepenheuer (S. 41 seines Werkes) mischen z. B. die Berliner Mörtelwerke schlesischen Ringofenkalk mit märkischem Sande im Verhältnisse von 1 : 4¼—4½.

Es erfordert:		an gelöschtem Kalk l	an Sand cbm	an Wasser l
1 cbm Mörtel	1:2	420	0,84	170
1 „ „	1:2,5	370	0,92	184
1 „ „	1:3	330	1,00	200.

Bei fettem Kalk verwendet man zum Mauern über der Erde einen Mörtel 1:3, für Grundmauern 1:4, bei Magerkalk 1:1 bzw. 1:2, Putz an freier Luft 1:2. An Mörtel gebraucht man: für 1 cbm Quadermauerwerk 0,08 cbm, desgl. aus lagerhaften Bruchsteinen 0,3 cbm; die gleiche Menge ist erforderlich für normales Ziegelmauerwerk, 3 Stein stark, ferner für dieses bei 2 Stein Stärke 0,270 cbm, bei 1 Stein 0,250, bei ½ Stein 0,230 cbm. Für Fachwerkwände in Ziegeln sind notwendig für 1 qm bei einer Stärke von: 1 Stein 0,062 cbm, bei ½ Stein 0,025 cbm. Auch kann man damit rechnen, daß zu 1000 Steinen des Normalformats rd. 600—700 l Mörtel zum Vermauern gebraucht werden; desgl. zu 1 cbm Ziegelmauerwerk 330 l Mörtel. Für das Ausfugen benötigt man beim Rohbau für 1 qm 0,005 cbm, bei einer Fachwerkswand 0,003 cbm; für das Verputzen einer Wand ist für 1 qm und je 1 cm Putzstärke 0,015 cbm Mörtel zu rechnen. Weiter verlangt an Mörtel 1 cbm ½ Stein starkes Tonnengewölbe 70 l, 1 cbm gleichartiges Kreuzgewölbe 30 l, 1 qm flachseitiges Ziegelpflaster, in 12 mm starken Kalkmörtel verlegt, 17 l, desgl. mit vergossenen Fugen in Sandbettung 8 l, 1 qm hochkantiges Ziegelpflaster mit 6 mm starken Stoßfugen ohne Mörtelbett 15 l, mit einem solchen 30 l, 1 qm Fliesenpflaster 25 l, 1 m Rollschicht mit vollen Fugen 10 l, 1 qm Verblendmauerwerk aus ganzen und halben Steinen 52 l, desgleichen aus halben und viertel Steinen 40 l, 1 qm einfacher Fassadenputz mit Fugen 20—25 l, 1 qm Rapputz 13 l, 1 qm Deckenputz auf einfach gerohrter Schalung ohne Gipszusatz 20 l, mit solchem 17 l, desgl. auf doppelt gerohrter Schalung 30 l; 1000 Biberschwänze, in Kalk verlegt, benötigen 720 l, nur mit Kalk verstrichen 480 l, 1000 Dachpfannen, in Kalk verlegt, 1200 l, desgl. Hohlziegel 700 l.

Weißkalkmörtel, ein fast immer „dichter" Mörtel[1]), bindet langsam ab und erhärtet — wenn überhaupt vollkommen[2]) — erst nach sehr langer Zeit.

Der Erhärtungsvorgang des Mörtels beginnt mit dem Anziehen dieses, d h. mit dem Verlust an Wasser durch Verdunsten oder seinen Übergang in den wasserabsaugenden Mauerstein. Das verbleibende Wasser löst einen Teil des Kalkes zu Kalkwasser, welches die einzelnen Sandkörner überzieht, begierig Kohlensäure aus der Luft aufnimmt und hiermit eine feine Haut aus kohlensaurem Kalke bildet. Je mehr dieser Vorgang von außen nach innen, entsprechend der von außen kommenden Kohlensäure, fortschreitet, um so mehr werden die einzelnen Hohlräume zwischen den Sandkörnern von $CaCO_3$ ausgefüllt, um so geringer muß die Einwirkung der Luftkohlensäure werden und um so weniger die Erhärtung des Mörtels nach innen zu fortschreiten; es kommt hinzu, daß sich das für den Erhärtungsvorgang unbedingt notwendige Wasser durch Verdunstung und Übergang in die Steine dauernd verringert und somit der Erhärtungsvorgang im Laufe der Zeit erschwert wird; namentlich nimmt trockener Mörtel keine Kohlensäure auf.

[1]) Vergl. S. 576.

[2]) Dr. Kiepenheuer erwähnt in seinem Werke „Kalk und Mörtel" auf S. 42 u. figd. mehrere Beispiele, daß Weißkalkmörtel, aus dem Innern sehr alter Bauwerke entnommen, nach Jahrhunderten noch nicht erhärtet war. Dies zeigte sich

1. bei Abbruch einer Bastion in Straßburg (hier war der 156 Jahre alte Mörtel im Innern der Mauern noch so frisch und weich, wie einige Stunden nach seiner Bereitung),
2. bei einem Pfeiler des Berliner Petriturmes und dem 100 Jahre alten Mörtel,
3. bei einer Wiener Bastei, 700 Jahre alt,
4. beim Turmbau einer gotischen Kirche aus dem Jahre 1400 usw.

Bei der Erhärtung des Mörtels spielt der Sand nur eine rein mechanische Rolle, er bedingt — neben der Vergrößerung der Festigkeit des Enderzeugnisses, der Verbilligung des Mörtels und der Verhinderung allzu großen Schwindens — hier vorwiegend die starke Porigkeit des Mörtels und das Eindringen der CO_2; es findet aber keinerlei Aufschließung seiner Kieselsäure, also etwa die Bildung kieselsauren Kalkes oder dgl. statt. Da lehmiger Sand die Poren verklebt und somit den Abbindevorgang sehr ungünstig beeinflußt, ist er bei Weißkalkmörtel nicht zu verwenden, während er, wie an anderer Stelle hervorgehoben wird, für Dolomitkalk benutzbar ist. 1 cbm an der Luft erhärteter Kalkmörtel wiegt rd. 1680 kg; sein Porenraum beträgt i. M. 20 v. H.

Die Druck- und Zugfestigkeit schwankt naturgemäß in ziemlich weiten Grenzen, je nach der Natur, Reinheit und Herstellung des verwendeten Kalkes, der Art und den Eigenschaften seiner Zuschläge[1]). Im allgemeinen wird man fordern können, daß ein guter Fettkalk-Sandmörtel 1 : 3 bis 1 : 5 nach Lufterhärtung von 7 bzw. 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 14 bzw. 21 kg/qcm aufweist, während die Zugfestigkeit etwa den achten bis dritten Teil dieser Zahlen beträgt.

Aus großen Versuchsreihen, welche H. Burchartz im Materialprüfungsamte zu Großlichterfelde durchgeführt hat[2]), geht hervor, daß die Festigkeit der Kalkmörtel, wenigstens im Vergleiche zu anderen Mörteln, selbst den magersten Zementmörteln, sehr gering ist und zwischen weiten Grenzen liegt; es schwankt die Druckfestigkeit für 28 Tage alte Proben zwischen 2,8 und 24,6 kg/qcm und beträgt i. M. aus allen Versuchen 8,9 kg/qcm, während für die Zugfestigkeit die Zahlen 1,2 und 4,3 bzw. der Mittelwert 2,7 gefunden wurden; trennt man die Untersuchungen in Gruppen nach Art des Sandes und betrachtet man die von den Mörtelwerken eingereichten, fertigen Mörtelproben besonders, so ergibt sich für:

	Mittlere Zugfestigkeit	Mittlere Druckfestigkeit	
Normalsand[3]) . .	2,5	8,5	kg/qcm nach 28 Tagen bei Mischung 1 : 3.
Bausand	5,0	14,6	
fertigen Mörtel . .	4,6	13,8	

Von besonderer Wichtigkeit sind auch Versuche und die aus ihnen abgeleiteten Festigkeitszahlen für Mauerwerk in Kalkmörtel[4]). Nach Burchartz ergibt sich, daß die Würfelfestigkeit (an würfelförmigen, in Verband gemauerten Körpern ermittelt) bei Zugrundelegung der 28 Tage-Festigkeit bei Kalkmörtel für den Eintritt der ersten Risse rd. 30, für die Zerstörung rd. 40 v. H. der Körperfestigkeit der Steinsorte beträgt. Diese Zahlen bleiben auch für die Verhältnisse nach 115 Tagen Erhärtung vollkommen bestehen. Vergleicht man die Mauerwerksfestigkeiten aus Mauersteinen und Kalksandsteinen mit Zement- bzw. Kalksandmörtel hergestellt, so ergibt sich ein Verhältnis von 100 : 45, es zeigt sich also auch hier, wie wichtig ein guter Mörtel für die Festigkeit

---

[1]) Vergl. hierzu auch Mörteluntersuchungen von Prof. H. Germer. Verlag Tonindustrie-Zeitung 1910, S. 10, 55, 65, 68, 69 u. figd.

[2]) Vergl. Luftkalke und Luftkalkmörtel, Ergebnisse von Versuchen, ausgeführt im Kgl. Material-Prüfungsamte zu Großlichterfelde, Unters. von H. Burchartz, Berlin. Verlag v. Julius Springer, 1908, S. 100 u. figd. Hier sind von 43 verschiedenen Kalksorten die Festigkeiten in den üblichen Mischungsverhältnissen mitgeteilt.

[3]) Vergl. die Ausführungen hierüber im Abschnitte Portlandzement.

[4]) Vergl. hierzu die vorgenannten Untersuchungen von H. Burchartz, S. 128 u. figd. Hier sind erwähnt die Versuche in oben angegebener Richtung:

1. von Böhme, 2. dem Royal Institute of British Architects, 3. von Tavernier, 4. von Camillo Guidi, 5. vom Lichterfelder Prüfungsamte.

eines Mauerwerkskörpers ist; durch einen solchen kann z. T. der Einfluß weniger guter Steine ausgeglichen werden. Man sollte daher an Stelle des reinen Fettkalkmörtels bei wichtigen Bauten bessere Mörtel — zweckmäßig hydraulischen Kalkmörtel bzw. verlängerten Zementmörtel verwenden[1]).

Die Haftfestigkeit reinen Kalkmörtels ist sehr gering; sie beträgt nach den Burchartzschen Versuchen nach 28tägiger Erhärtung 0,8, nach 90 Tagen 1,2 kg/qcm.

Ebenso tief liegt die Scherfestigkeit; sie beträgt in den angegebenen Zeitabschnitten 1,0 bzw. 1,4 kg/qcm[2]).

Ein Zusatz von Magermilch zum Kalksandmörtel wirkt vielfach in der Art günstig, daß die Eiweißteile der Milch mit dem Ätzkalk eine innige Verbindung eingehen und den Mörtel schneller und besser zur Erhärtung bringen. Nach Versuchen von Burchartz[3]) ist dies jedoch nur insofern richtig, als Festigkeit und Tragfähigkeit von Mauerwerk durch Verwendung von Milchmörtel erhöht werden kann, vorausgesetzt, daß zum Anmachen nur (reine) Milch benutzt wird.

b) Graukalk[4]).

Der Graukalk führt, da er durch Brennen aus dem Dolomit gewonnen wird, auch die Namen Magnesia- oder Dolomitkalk. Der in der Natur vorkommende Dolomit besteht i. d. R. nicht aus reinem Dolomitspat ($CaCO_3 + MgCO_3$), sondern zeigt meist einen Zusatz von Kieselsäure (wenig), Eisenoxyd und Ton. Ist der Ton- usw.-Gehalt gering (1—2%), so bezeichnet man die Kalke zweckmäßig als Normal-Graukalke; in erheblicherem Maße auftretende Tone werden dem Kalk geringe hydraulische Eigenschaften verleihen, ohne daß aber ein hydraulischer Kalk aus ihm wird. Solche Kalke führen auch, da sie ein mageres Löschergebnis liefern, den Namen „Magerkalk".

Die Farbe der Magnesiakalke ist vorwiegend grau bis schmutzigviolett; daneben kommen aber auch vollkommen weiße, braune und schwarzblaue Gesteine vor.

Im allgemeinen ist die Behandlung des Graukalkes eine gleiche wie die des Weißkalkes; nur liegt die Temperatur, bei der er erbrannt wird, tiefer als die für Fettkalk[5]); auch ist Graukalk bei Luftlagerung nicht so empfindlich gegenüber der Aufnahme von Wasser und CO_2 wie Weißkalk. Wenn hierdurch auch die Ergiebigkeit beim Ablöschen etwas abnimmt, so leidet doch die Qualität des Mörtels nur unerheblich. Das Löschen findet — gleichwie bei Weißkalk — vielfach in der Pfanne zu Brei, erheblich mehr aber zu trockenem Kalke statt.

Beim Ablöschen in der Pfanne wird zunächst weniger Wasser als beim Fettkalk zugesetzt, da bei Graukalk die Gefahr eines Verbrennens nicht vorliegt; es bildet sich hierbei ein sehr fest zusammenhängender, zäher Brei, der ein besonders langes und inniges Durcharbeiten verlangt, und zwar unter allmählichem Zusatze des notwendigen Wassers; hierbei ist auch auf die möglichste Beseitigung der „Sprengkörner" besonders zu achten. Bei nur geringem Gehalte an Kieselsäure und Ton entsteht ein sehr fetter, grauer,

---

[1]) Vergl. die Untersuchungen von Burchartz, S. 158. Hier ist als Beispiel erwähnt, daß ein Mauerwerk aus Steinen von 200 kg/qcm in Fettkalkmörtel gemauert nur 65 kg/qcm Druckfestigkeit, in Zementmörtel jedoch 145 kg/qcm aufweist.

[2]) Vergl. Burchartz: Luftkalke und Luftkalkmörtel, S. 165.

[3]) Vergl. seine Untersuchungen S. 185.

[4]) Ausführlicheres siehe in dem Werke von Dr. Kiepenheuer: Kalk u. Mörtel unter IV, S. 49—70.

[5]) Nach Versuchen der Sektion Kalk des deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie liegt die niedrigste Temperatur, bei der Dolomite gebrannt werden können, etwa bei 950—1000° C, d. h. bei Segerkegel 0,7—0,8.

geschmeidiger, aber sehr langsam steif werdender Brei[1]), der sich zwar mehrere Monate unverändert hält, nach etwa 1 Jahr aber so fest und zusammenhängend wie Ton wird. Ein derartiger, eingetrockneter Kalk verändert sein Volumen nicht, wird hart und schwer, erhält auch keine Risse wie Weißkalk. Er erhärtet an der Luft gut, läßt sich sogar wie Gips in Formen gießen. Auch hier beruht der Abbindevorgang — wie bei Weißkalk — wahrscheinlich nur auf der Bildung kohlensauren Kalkes, während die Magnesia als Hydrat unberührt bleibt[2]).

1 RT. Stück-Graukalk ergibt bei Handlöschung 1,5—1,7 RT. Brei, bei Maschinenbetrieb 1,8 RT.; es ist also die Ergiebigkeit hier erheblich geringer als wie beim Weißkalk, ein Nachteil, der aber dadurch wieder ausgeglichen wird, daß man hier mehr Sand zusetzen kann, und zwar gut 4—5 Teile (gegenüber 3 beim Weißkalk).

Bei der Ablöschung des Graukalkes zu Pulverform wird vielfach eine rd. 30 cm hohe Schicht von gebrannten Kalksteinen mit hinreichendem Wasser begossen, dann eine zweite gleichartige Lage — wiederum unter Zuführung von Wasser — aufgesetzt, hierauf eine dritte, endlich eine vierte nebst Wasser hinzugefügt. Der so gebildete Haufen wird zur Zurückhaltung der Löschhitze in seinem Innern und zur Fernhaltung störender Einflüsse von außen mit einer etwa 20 cm starken Sandschicht abgedeckt und sich selbst (während etwa 12 Stunden) überlassen; auch kann man Körbe aus Weidengeflecht oder Eisendraht oder durchlöcherte Eisenbehälter beliebiger Bauart, mit Stückkalk gefüllt, so lange unter Wasser bringen, bis keine Luftblasen mehr nach oben entweichen, der Kalk also vollkommen mit Wasser gesättigt ist, — ein Verfahren, das namentlich auch im Großbetriebe eingeführt ist. Der aus dem Korbe geschüttete Kalk wird dann meist wieder in Haufenform gebracht und — um vollkommen abzulöschen — mit einer etwa 5 cm starken Sandschicht bedeckt. Soll der Kalk zum Putz verwendet werden, so empfiehlt es sich, diesen Selbstlöschprozeß auf 3 Tage auszudehnen.

Die Ausgiebigkeit des in Pulverform gelöschten Graukalkes ist eine gute, da 1 RT. Kalkstücke 3—3,33 RT. Pulver liefert, welche einem porenfreien Volumen von 2—2,25 Teilen entsprechen; mit Wasser angemacht, ergibt sich ein steifer Brei von rd. $^3/_4$ Volumen des Kalkpulvers, es liefert also auch auf diesem Wege — ebenso wie vorher — 1 RT. Stückkalk 1,5—1,7 RT. Grubenkalk[3]). Soll der trocken gelöschte Kalk zu Verputzarbeiten verwendet werden, so ist ein Sieben des gedämpften Kalkes bzw. des aus ihm gewonnenen Mörtels durchaus am Platze. Auch ist eine besonders gute Durcharbeitung vor Zusatz des Sandes zum Mörtel empfehlenswert, um alle Knötchen im Brei zu lösen; denselben Zweck verfolgt auch ein längeres Stehenlassen des Breies oder Mörtels bis zu 12 Stunden Dauer. In neuester Zeit wird der abgedämpfte Graukalk auch — wie das bei den hydraulischen Kalken heute die Regel bildet — staubfrei gemahlen; alsdann gestattet er eine Vermengung mit 5—6 T. Sand im Mörtel und eignet sich besonders zu Putzarbeiten.

Auch der normale Graukalkmörtel braucht längere Zeit zur Erhärtung. Von Natur selbst nicht hydraulisch, können ihm naturgemäß zur schnelleren Erhärtung be-

---

[1]) Gelöschter, nicht zu alter Graukalk, wird unter Umständen beim Transport stark flüssig; doch hat dies nichts zu bedeuten, da er später wieder in der Ruhe seine frühere Steifigkeit erlangt.

[2]) Es ergibt sich dies auch aus Analysen erhärteten Graukalkgusses, vergl. Dr. Kiepenheuer, S. 55.

[3]) Die Ergebniszahlen (nach Dr. Kiepenheuer) beziehen sich auf Berg.-Gladbacher Graukalke; gleiche Ergebnisse zeigen noch viele andere Kalke; nur wenige dürften eine größere Ergiebigkeit aufweisen.

sondere Zusätze, Traß, Zement, gegeben werden; solche Zusätze empfehlen sich namentlich bei sehr feuchter Witterung, schnellem Hochtreiben des Baues und bei Grundmauerwerk. Aber auch ohne diese Mittel erhärtet der Normal-Graukalk im Laufe der Zeit nach einigen Monaten recht gut zu einem sehr festen, hoch wetterbeständigen Endprodukt, wobei ein Treiben fast ausgeschlossen ist.

Die etwas erhöhte Beimengungen von Kieselsäure und Ton aufweisenden Dolomitkalke mit gering hydraulischer Wirkung erhärten etwas schneller und erlangen meist hohe Festigkeit, selbst unter Verwendung eines hier nicht so schädlichen lehmhaltigen Sandes; eigentliche hydraulische Kalke sind aber auch sie nicht. Von solchen ist zu verlangen, daß sie nach 3tägiger Erhärtung an der Luft unter Wasser weiter erhärten und hier fester werden wie an der Luft.

Nach Dr. Kiepenheuer[1]) ergab der rheinische Normal-Graukalkmörtel aus pulverförmigem Kalk und Normalsand gemengt und an der Luft erhärtet die folgenden Festigkeiten:

Mischung	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	60 Tagen	90 Tagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	60 Tagen	90 Tagen	
1:1	4,9	5,5	5,5	16,0	21,3	25,8	kg/qcm
1:2	4,2	4,5	4,5	12,2	14,9	15,9	
1:3	1,8	1,5	2,0	5,6	—	7,1	

d. h. die Festigkeiten sind mittlere.

Läßt man derartige Mörtel etwa 7 Tage an der Luft, alsdann unter Wasser erhärten, so nimmt ihre Festigkeit in erheblich geringerem Maße zu[2]), die Mörtel sind eben nicht hydraulisch.

Vom Trierer Kalk (1:2), der etwas höheren Gehalt an Kieselsäure und Ton als der Normal-Graukalk zeigt, gibt Dr. Kiepenheuer an:

Zugfestigkeit { nach 28 Tagen 3,8 / „ 90 „ 5,4 } kg/qcm

Druckfestigkeit { nach 28 Tagen 14,8 / „ 90 „ 19,8 } kg/qcm.

Hingegen zeigte der Dolomitkalk von Stolberg (im Rheinland) (1:3) in obiger Reihenfolge die Festigkeiten von:

7,1, 10,5, 30,2 und 52,0 kg/qcm.

Über die Prüfung von Kalkmörtel, deren Hauptgesichtspunkte und Ergebnisse bei den einzelnen Abschnitten mitgeteilt wurden, vgl. u. a. die Unter-

[1]) Vergl. sein Werk: Kalk und Mörtel, S. 67.

[2]) Es ergab z. B. die obige Mischung 1:2 nach 7tägiger Luft- und darauf folgender Wassererhärtung in den Zeiten der voranstehenden Tabelle eine Zugfestigkeit von:

2,7, 2,6, 2,9 kg/qcm

und eine Druckfestigkeit von:

2,8, 3,0, 4,0 kg/qcm.

suchungen von Burchartz[1]) und das Handbuch des Materialprüfungswesens von Wawrziniok[2]).

Bei Ausschreibungsbedingungen für die Lieferung von Kalkmörtel ist zu fordern, daß:

Der Sand frei von lehmigen, erdigen, salzigen, vegetabilischen Stoffen ist; in einem Glase mit Wasser soll er nur geringe Trübungen verursachen. Die durch Sieben zu bestimmende Korngröße darf bei Quaderbauten höchstens 3 mm, bei Ziegelbauten 5 mm betragen; der Sand soll aber zudem auch zur Füllung der Zwischenräume feineres Material enthalten. Für Putzausführungen kann die Korngröße bis auf 1 mm herabgehen. Der Sand soll sich scharf anfühlen, in der Hand knirschen und sich nicht zusammenballen. Zu grobes Material ist zu sieben, ungeeignetes in bestimmter Zeit durch neues zu ersetzen.

Der Fettkalk ist möglichst frisch und unzerfallen zur Baustelle zu bringen und sorgfältig abzulöschen. Bis zum Ablöschen ist der Kalk sorgfältig vor Nässe zu schützen und unter Dach aufzubewahren. Sind nach dem Abdämpfen noch Körner im Kalk, so sind diese durch ein 900 Maschensieb zu beseitigen. Dies gilt namentlich für Putzarbeiten, da der Unternehmer für alle, durch solche Unterlassungen am Putz entstehende Schäden verantwortlich gemacht wird.

Vor Verwendung ist der Fettkalk mindestens 14 Tage hindurch einzusumpfen; die Kalkgruben sind abends sicher abzudecken. Gegen starkes Austrocknen ist der Kalk durch Sandbewurf zu sichern.

Seine genügende Breiigkeit ist daraus zu erkennen, daß ein normaler Ziegelstein nur langsam einsinkt.

Die Abnahme erfolgt gelöscht in Gruben nach cbm. Gebrannter Staubkalk wird in Tonnen zu 220 l gehandelt; 1000 kg gebrannter Kalk sollen etwa 2,5—2,6 cbm gelöschten Kalkes ergeben.

In manchen Fällen ist es erwünscht, daß der Mörtel schneller erhärtet. Er erhält alsdann Zuschläge, die dies bewirken, i. d. R. hydraulischer Art. Als untergeordnet kommen hier in Frage fein gemahlener Ziegelstein[3]), auch gemahlene Hochofenschlacke, vorwiegend aber Traß und Portlandzement. Während über die Mischung mit Traß im § 98 ausführlich gesprochen wird, seien hier nur die Kalkzementmörtel, auch verlängerte Zementmörtel genannt, erwähnt. Sie sind erheblich besser als die mageren Zementmörtel mit 5 und mehr Teilen Sand, weil letztere zwar

---

[1]) Luftkalke und Luftkalkmörtel, Ergebnisse von Versuchen, ausgeführt im Kgl. Materialprüfungsamt zu Gr.-Lichterfelde.West v. H. Burchartz. Julius Springer 1908. Die Hauptabschnitte dieses Werkes behandeln:

I. Luftkalke und Luftkalkmörtel und ihre Eigenschaften; Begriffserklärung, Eigenschaften; Einfluß der Art der Zuschlagsstoffe auf die Erhärtung, desgl. des Anmachewassers, der Höhe des Sandzusatzes, des Verdichtungsgrades, der Art der Erhärtung auf die Festigkeit von Luftkalkmörtel.

II. Kalkmörtel und Mauerwerk von Kalkmörtel; Festigkeit der Luftkalkmörtel, Einfluß der Beschaffenheit des Fugenmaterials auf Mauerkörper, Festigkeit von Mauerwerk in Kalk- und Zementmörtel, Haft- und Scherfestigkeit von Kalk- und Zementmörtel usw.

III. Einfluß des Zusatzes von Magermilch bei Kalksandmörtel und die Erhärtung von verlängerten Zementmörteln und anderen Mörteln bei Luftabschluß.

[2]) 1908, Verlag von Julius Springer, S. 348—395 und 395—408, Die Prüfung der Bindemittel und Luftkalke.

[3]) Hier werden als Mischungsverhältnisse angegeben:

1 Fettkalk + 2 Ziegelmehl, + 1 Sand oder

1 Fettkalk und 2 Magerkalk + 1 Ziegelmehl (also ohne Sandzusatz) oder

3 Fettkalk, 2 Ziegelmehl, 5 Sand.

eine ausreichende Festigkeit noch besitzen, auch billig sind, aber zu mager ausfallen und deshalb schlecht am Stein haften. Bei Herstellung der Mörtel wird der Zement mit dem trockenen Sand zunächst vermengt und diese Mischung alsdann durch gutes Durcharbeiten mit dem Kalkbrei zu einem gleichmäßigen Mörtel vereinigt. Nur bei trocken gelöschtem Graukalk[1]) findet eine Vermischung zugleich von Zement, Kalk und Sand statt, dem später das Wasser zugesetzt wird. Der Kalkzementmörtel zeichnet sich aus 1. durch rasche und sichere Erhärtungsfähigkeit, da er bereits nach wenigen Tagen fest ist und dauernd an Festigkeit zunimmt, 2. durch starke hydraulische Eigenschaften, die sich in seinem guten Widerstande gegen Wasser nach wenigen Stunden bereits kundgeben, 3. durch seine Verwendung als vorzüglicher Luftmörtel von hoher Festigkeit und großer Dichte, 4. durch die Möglichkeit, ihn noch anzuwenden, wenn Frost zu befürchten steht, 5. durch eine besonders hohe Elastizität.

Wie R. Dyckerhoff nachgewiesen hat[2]), verbessert ein Kalkzusatz hinsichtlich ihrer Festigkeit und Haftung am Stein die mageren Zementmörtel bis zu einer bestimmten Grenze, die mit dem Maximum der erreichbaren Dichte des Mörtels zusammenfällt. Als zweckmäßige Mischungsverhältnisse haben sich herausgestellt:

1.	1 Zement	:	5	Sand	zu	1/2	Teil	Kalkteig	oder	pulv.	Kalk	} Raumteile (hl).
2. a)	1 „	:	6	„	„	1	„	„	„	„	„	
2. b)	1 „	:	7	„	„	1	„	„	„	„	„	
3.	1 „	:	8	„	„	1 1/2	„	„	„	„	„	
4.	1 „	:	10	„	„	2	„	„	„	„	„	

Der Wasserzusatz beträgt hierfür:

1. 1,3, 2. 1,35 bzw. 1,60, 3. 1,60, 4. 1,70; als Ausbeute an Mörtel ergibt sich: 1. 4,90, 2. 6,00 bzw. 6,80, 3. 7,80, 4. 9,45.

1 cbm Mörtel erfordert:

Mischung	Zement kg	Sand Liter	Kalk Liter	Wasser Liter
1	286	1020	102	265
2 a	233	1000	167	225
2 b	206	1029	167	235
3	182	1040	195	205
4	148	1055	212	180

Die Dichtigkeiten sind: 1,14, 1,45, 1,11, 1,12 und 0,8.

Die Druckfestigkeiten betragen nach Erhärtung von 1 Tag an der Luft und 6 Tagen unter Wasser: 170, 200, 180, 130, 110 kg/qcm. Für die Zugfestigkeit kann etwa 1/10 dieses Wertes gerechnet werden[3]).

---

[1]) Zur Umrechnung diene die Angabe, daß 1 hl Kalkteig rd 63 kg trockenes Kalkhydrat enthält, welches Gewicht nahezu auch 1 hl zu Pulver gelöschter Kalk hat.

[2]) Vergleiche Protokoll des Vereins Deutscher Zementfabrikanten 1879. S. 44.

[3]) Weiteres über Kalkzementmörtel siehe in: Mörteluntersuchungen von Prof. H. Germer. Verlag der Tonindustrie-Ztg. 1910. S. 44 u. flgd. Hier ist behandelt: Einflüsse auf die Erhärtung S. 44, Materialverbrauch S. 52. Kosten S. 53, Festigkeit in den Mauerfugen S. 59, Zugfestigkeit S. 61, Scherfestigkeit S. 63, Haftung S. 65.

An Stelle von Kalkteig zu Pulver gelöschten Kalk[1]) zu verwenden, ist namentlich bei den hohen Sandzusätzen zweckmäßig, weil hier der Kalkteig in dem nur erdfeuchten Mörtel schwer gleichmäßig zu verteilen ist.

§ 94. Hydraulische Kalke (Wasserkalke) und verwandte Bindemittel.

Hydraulische Kalke sind Erzeugnisse, welche aus Kalkmergeln und Kieselkalken durch Brennen unterhalb der Sintergrenze, darauffolgende Hydratisierung und i. d. R. Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen sind; daneben können Wasserkalke auch in Stückform in den Handel gebracht werden. Nach den Beschlüssen der internationalen Konferenz zur Prüfung der Baumaterialien werden unter hydraulischen Kalken solche verstanden, „welche durch Brennen von mehr oder weniger ton-(oder kieselsäure-) haltigen Kalken gewonnen werden und, mit Wasser gemengt, sich ganz oder teilweise zu Pulver löschen". Es liefern demgemäß die vorgenannten Kalksteinarten, wenn sie vor Eintritt der Verschlackung ihrer Oberfläche gar brennen und beim Trockenlöschen teilweise oder ganz zu Pulver zerfallen, hydraulische Kalke. Sowohl die Wärmeentwickelung wie das Gedeihen beim Löschvorgange sind mäßig. Der Gehalt des gebrannten Kalkes an Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd beträgt etwa 10—30 v. H.; naturgemäß liefern die Kieselkalke einen besonders kieselsäurereichen und tonerdearmen Wasserkalk. Hydraulischer Kalk bindet stets langsam, oft erst nach Abflauf von 24 Stunden und mehr ab, besitzt aber die Eigenschaft, von da an unter Wasser mit wachsender Festigkeit zu erhärten, und zwar i. d. R. schneller und besser als an der Luft. Sein spezifisches Gewicht liegt meist unter 2,9. In bezug auf ihre Verarbeitungsweise unterscheidet man starkhydraulische Kalke, die 2 Tage nach dem Anmachen unter Wasser gebracht werden können, mittelhydraulische, die 5, schwachhydraulische, die 7 Tage zunächst an der Luft erhärten müssen.

Das Brennen des hydraulischen Kalkes kann mit Hilfe der in § 93 beschriebenen periodischen oder kontinuierlichen Öfen erfolgen[2]). Im allgemeinen wird man für Kalkstein in größeren Stücken, der diese Form auch im Brande bewahrt, die meisten Arten der kontinuierlichen Schacht- oder Ringöfen verwenden, während für kleine Kalkstückchen kleine Schachtöfen mit ausreichendem Luftzuge und eingebautem Rost (vgl. S. 589) zu bevorzugen sind. Soll Mergelerde mit einem erheblichen Feuchtigkeitsgehalte gebrannt werden, so hat man schon seine Zuflucht dazu genommen, den Mergel einzusumpfen, aus ihm Ziegel zu pressen und ihn in dieser Form dem normalen Brennofen zu übergeben, oder die Mergelerde über den in Brand befindlichen Stückkalk zu streuen. Auch sind für den vorliegenden Zweck Ofenformen empfohlen wie sie zum Rösten von Erzen u. dgl. bewährt sind[3]).

Allgemein dürfte sich auch die Einführung des in der Zementindustrie bestens bewährten Drehofens zum Kalkbrennen in Zukunft empfehlen, um so mehr als trotz der

[1]) Hier ist naturgemäß darauf zu achten, daß der Kalk sehr sorgfältig gelöscht und gesiebt bzw. gemahlen ist, damit keinerlei Sprengkörner den im Erhärten begriffenen Mörtel zerstören können.

[2]) Vergleiche hierzu die Werke von Dr. Kiepenheuer, Kalk und Mörtel und Wasserkalk, sowie Franz Rauls, Ingenieur für Kalkwerkanlagen, Köln: Untersuchungen über industrielle Feuerungsanlagen, Öfen und Schornsteine, und den von Rauls am 9. XII. 1909 in Wien gehaltenen Vortrag: Kleinste und grösste Ringöfen der Welt, sowie moderne Garbrennöfen für Kalk.

[3]) Genaueres siehe in Dr. Kiepenheuer: Der Wasserkalk S. 19. Bonn 1911. Verlag der Universitätsdruckerei von C. Georgi.

bei Wasserkalken notwendigen Temperaturen von nur 900—1000° C zum Heraustreiben der CO_2 der Betrieb auch durchaus wirtschaftlich eingerichtet werden kann, wie das DRP. 207881 zeigt. Hier wird unter höchster Ausnützung des Brennstoffes, die Innehaltung der gewünschten Hitze dadurch gesichert, daß im Drehofen ein Parallelstrom angewendet wird, d. h. dadurch, daß Feuergase und Kalksteine in gleicher Richtung durch den Ofen gehen[1]).

Im allgemeinen soll der Brand des Wasserkalkes ein langer und milder sein, namentlich für die Arten, welche in Stückform in den Handel kommen, also keine Mahlung oder Siebung mehr erfahren; nur dort, wo die in Säuren unlöslichen Bestandteile vorwiegend durch Ton gebildet werden, kann der Brand schärfer und kurz sein. Der chemische Vorgang beim Brennen der Mergel besteht sowohl in einer Austreibung von Kohlensäure aus den kalkigen Bestandteilen als auch in einem Aufschließen solcher Stoffe, die, im Wasser selbst unlöslich, hierin erhärten; hier kommt namentlich die Umwandlung der als Quarz unwirksamen Kieselsäure in eine aktive hydraulische Kieselsäure in Frage; auch Tonerde und Eisenoxyd erhalten einen hydraulischen Charakter und bilden somit gemeinsam mit der aufgeschlossenen Kieselsäure die sogenannten, die spätere Erhärtung des Mörtels bei Vorhandensein ausreichender Wassermengen bedingenden „Hydraulefaktoren".

Die Farbe des gebrannten Wasserkalkes ist i. d. R. grau, grüngelb oder gelblichbraun, nur dolomitische Mergel zeigen dunklere Farben.

Der Wasserkalk kommt — wie bereits kurz erwähnt wurde — in Stückform oder gemahlen in den Handel. Für das Ablöschen in Stückform geben i. d. R. die einzelnen Kalkwerke bestimmte Ablöschvorschriften für ihre Kalke, denen nachzufolgen sich dringend empfiehlt.

Das Löschen in Stückform unterscheidet sich im allgemeinen nicht von der entsprechenden Arbeit beim Weißkalk. In der Regel zerfällt bis zum Verlaufe einer Viertelstunde der Kalk unter Wärme- und Dampfentwickelung, die allerdings nicht so hoch ist wie beim Weißkalke, in ein weiches oder sandartiges Pulver von grauer oder gelblicher Farbe. Oft wird vor Überbrausen des Kalkes ein Zerschlagen der größeren Stücke empfohlen, um das Wasser besser in den Kalk eindringen zu lassen. Es liegt in der Natur des hydraulischen Kalkes, daß ihm nur soviel Wasser (rd. 34 v. H.) zugesetzt werden darf, um ihn zum Zerfallen zu bringen, da überflüssiges Wasser den oft vor seiner Verwendung lange lagernden Kalk zum Selbsterhärten bringen würde, abgesehen davon, daß hierbei auch das Ablöschen mit Klumpenbildung verbunden wäre. Die Löscharbeit kann in Pfannen oder — besser, wegen des vollkommeneren Hydratisierens — unter Vermittlung von Körben vorgenommen werden. Meist überläßt man den in Pfannen gelöschten Kalk nach dem erstmaligen Begießen sich selbst während etwa einer Stunde, überbraust ihn dann nochmals, arbeitet ihn durch bzw. läßt ihn weitere 1—2 Stunden stehen; aldann ist er verarbeitungsfähig. Der in Körben gelöschte Kalk wird genau in der auf Seite 597 beschriebenen Weise behandelt. Nach Überdeckung mit einer Sandschicht läßt man ihn 24 Stunden hindurch „kochen", wobei er etwa auf das Doppelte seines Anfangsinhaltes gedeiht und zu mehlfeinem Pulver zerfällt.

Bei besseren Stückkalken mischt man den Mörtel im Verhältnis 1 : 2 bis 1 : 3 und erlangt etwa 1,75 bzw. 2,5 Teile Mörtel. Nach Versuchen des Berliner Material-Prüfungsamtes ergeben die Stückwasserkalke 1 : 3 nach 3tägiger Luft- und 25tägiger Wasserlagerung eine Zugfestigkeit von rd. 6,5, Druckfestigkeiten von 12—33 kg/qcm[2]).

[1]) Genaueres siehe in dem vorstehend in Anm. 3 (S. 601) erwähnten Werk, S. 24 und 25.

[2]) Vergleiche die Mitteilungen des Prüfungsamtes Heft IV, 1894 und Heft VI, 1902.

Der hydraulische Kalk, in Pulverform in den Handel kommend, ist i. d. R. vorher abgedämpft, aldann gemahlen und gesiebt; daneben findet sich auch ungedämpfter gemahlener hydraulischer Kalk.

Das erstere Erzeugnis, das Normalprodukt, ist nicht so eng an das Rohmaterial — namentlich in Hinsicht auf geringeren Gehalt an Ton — gebunden, wie der Stückkalk. Oft wird für den gemahlenen Kalk der Kalkstein „gattiert", d. h. zur Erzielung eines dauernd gleichmäßigen Produktes, tonreiches und tonarmes Gestein bei der Ofenbeschickung gemengt; auch ist die Brenntemperatur höher als wie beim Stückkalk, um eine für die spätere Erhärtung wichtige, möglichst vollkommene Aufschließung des Tons zu bewirken.

Das Ablöschen erfolgt zunächst nur unvollkommen, d. h. zunächst wird der gebrannte Kalk noch nicht vollkommen in Hydrat umgewandelt; zu diesem Zwecke wird etwa 6—8 v. H. weniger Wasser zugesetzt als theoretisch zur Umwandlung in Kalkhydrat notwenig ist. Der meist in Transportwagen überbrauste Kalk gelangt dann in große Silos, in denen er während mehrerer Wochen einen Selbstlöschprozeß — ein Löschen durch den entstehenden Wasserdampf — durchmacht, um später nicht zu treiben. Es hat diese Art der Ablöschung ihren Grund darin, daß ein leicht eintretendes Zuviel an Ablöschwasser den Kalk klumpig macht und hierdurch die Fabrikation — namentlich das Sieben — sehr erschwert wird.

Dem Selbstlöschprozeß folgt das Mahlen[1]) und Sieben[2]) des Kalkes, ferner sein Abwiegen und Verpacken in Säcken; alsdann geht der Sack- oder Feinkalk in den Handel.

Bei der Verarbeitung des gemahlenen, hydraulischen Kalkes zu Mörtel ist Vorsicht geboten, weil je feiner die Mahlung ist, um so schneller auch der Mörtel gebrauchsfertig wird; auch hier werden wie beim Stückkalk vielfach von den einzelnen Fabriken besondere, beachtungswerte, Vorschriften für die Art des Ablöschens gegeben. Meist empfiehlt es sich, das Kalkpulver mit der in Aussicht genommenen Sandmenge (oder einem Teil dieser) trocken zu vermengen und alsdann erst Wasser zuzusetzen. Den gut durchgearbeiteten Brei läßt man dann einige Zeit ruhen (oft stundenlang), um etwa noch nicht vollkommen gelöste Kalkteilchen zum Ablöschen zu bringen. Hat man zuerst einen Teil des Sandes zugefügt, so setzt man jetzt den Rest hinzu, arbeitet das Ganze nochmals gut durch und hat nunmehr einen gebrauchsfähigen Mörtel.

Für Putzzwecke ist auch ein 24stündiges Einsumpfen des gemahlenen Kalkes von einzelnen Werken empfohlen.

Neben dem gedämpften, gemahlenen Wasserkalk kommt auch solcher in ungedämpftem Zustande in den Handel (oft ein Übergang zu Roman-Zementen), d. h. sehr fein gemahlener und gesiebter, am besten durch den Windsichter gegangener, gebrannter hydraulischer Kalk. Die Mahlung muß deshalb eine äußerst feine sein, weil hier der noch nicht gelöschte Staubkalk erst während der Mörtelbereitung zum Ablöschen kommt — gleichwie der Zement. Bei der Mörtelherstellung wird zunächst der trockene Kalk mit dem gesiebten Sande vermengt und alsdann Wasser, bis der Mörtel dünnbreiig ist, hinzugefügt. Auch hier ist es in vielen Fällen ratsam — besonders bei dolomitischem Wasserkalke — den Mörtel 12—24 Stunden ruhen zu lassen und ihn dann nochmals gut durchzuarbeiten.

---

[1]) Verwendung zum Mahlen des Kalkes finden u. a. als Spezialmaschinen: Riegelmühlen mit Windseparator (System Gebr. Pfeiffer-Kaiserslautern), die Orionmühle mit Windsichtung (System Ruhr und Alpine Maschinenfabrik in Augsburg.)

[2]) Die Siebe haben 340—900 Maschen auf 1 qcm.

Bei der Mörtelherstellung mit Hilfe von Staubkalk rechnet man bei guten Marken auf 1 cbm Sand etwa 3—5 Sack, d. h. 150 bis 250 kg oder 225 bis 375 l; es entspricht dies einem Mischungsverhältnisse von 1 : 4,5 bis 1 : 2,75.

Je feiner der Sackkalk gemahlen, um so größer ist im allgemeinen auch sein Vermögen, Sand bei bestimmmter Endfestigkeit des Mörtels aufzunehmen [1]).

Für Mischung mit Normalsand 1 : 3 bewegt sich die Zug- und Druckfestigkeit der Wasserkalkmörtel, entsprechend ihrer Natur in ziemlich weiten Grenzen; als Mittel-

[1]) Dr. Kiepenheuer teilt in seinem Werke: Der Wasserkalk, die nachfolgenden Mischungsverhältnisse einzelner Wasserkalkwerke mit. Die hier angeführten Kalke sind hochhydraulische Kalke, den Romanzementen nahestehend:

Werk	Mischungsverhältnis für		
	Mauerwerk	Innenputz	Außenputz
Geseker Kalk-Werke (Monopol-Kalk)	1 : 5 — 1 : 7	1 : 5	1 : 3 — 1 : 4
Bürener Werk (Gloria-Kalk)	1 : 6 und höher	—	—
Fördersteder Kalk (Schenk & Vogel, Magdeburg)	1 : 7 — 1 : 9	1 : 6 — 1 : 7	1 : 5 — 1 : 6
Braunsdorfer-Kalk-Werk (Dolomit-Zement-Kalk)	1 : 7 — 1 : 9	1 : 6 — 1 : 7	1 : 5 — 1 : 6
Geseker Kalk-Werke A.-G. (Meteor extra)	1 : 7 — 1 : 10	1 : 5 — 1 : 7	1 : 3 — 1 : 5
Braunschweiger Portland-Zement-Werke Salder	1 : 5 — 1 : 7	1 : 2 — 1 : 3	1 : 2 — 1 : 3

Auch sei anschließend die ebenfalls von Dr. Kiepenheuer mitgeteilte, gut verwendbare Tabelle über die Ausbeute für Mauermörtel mit Meteorkalk der A.-G. Meteor zu Geseke mitgeteilt:

Mischungsverhältnis		1 cbm Mauermörtel erfordert			1 Sack = 50 kg Meteorkalk erfordert an Sand l	Ausbeute in Prozenten
RT.	Gew.-T.	Meteorkalk kg	Sand l	Wasser l		
1 : 1,5	: 2,5	455	855	315	100	70
1 : 2	: 3,5	370	925	310	130	72
1 : 2,5	: 4,5	317	990	305	160	72
1 : 3	: 5,5	265	1000	300	190	75
1 : 4	: 7,0	211	1050	295	250	76
1 : 5	: 8,5	174	1080	290	360	77
1 : 6	: 10,0	147	1100	288	370	78
1 : 7	: 12,0	128	1120	285	430	78
1 : 8	: 14,0	115	1130	281	490	79
1 : 9	: 16,0	101	1140	278	560	79
1 : 10	: 18,0	92	1150	275	630	79

werte, die aber in den einzelnen Fällen nachzuprüfen sind, können bei den **hochhydraulischen**, den Romanzementen nahestehenden Kalken angenommen werden:

Erhärtungszeit.

28 Tage				90 Tage			
Wasserlagerung		Luftlagerung		Wasserlagerung		Luftlagerung	
Druck-	Zug-	Druck-	Zug-	Druck-	Zug-	Druck-	Zug-Festigkeit
150	20	160	22	bis 230	bis 40	bis 260	bis 40 kg/qcm.

Für gewöhnliche, schwach hydraulische Wasserkalke stehen die Werte erheblich tiefer; hier kann man nach 28täg. Wassererhärtung für die Normenprobe 1 : 3 mit einem Mittelwerte der Zugfestigkeit von rd. 8 kg/qcm, der Druckfestigkeit von rd. 50 kg/qcm rechnen; als Höchstwerte kommen rd. 15 und 100 kg/qcm in Frage. Die Prüfung des Wasserkalkes ist im allgemeinen die gleiche wie die des Portlandzementes, sodaß auf den, letzterem gewidmeten Abschnitt hier verwiesen werden möge. Abweichungen von diesen Normen sind nur bei Feststellung der Korngröße des Kalkhydrats, des Zeitpunktes des „Anziehens" und bei Aufbewahrung der Probekörper zu beachten.

Die Feststellung der Korngröße erfolgt durch Siebversuche, und zwar soll auf dem 900 und 4900 Maschensieb kein erheblicher Rückstand verbleiben.

Da das Anziehen vieler Wasserkalke im Mörtel längere Zeit erfordert als bei Portlandzement, so ist es notwendig, die Probekörper etwa 3 Tage an der Luft zu lagern; bringt man sie früher unter Wasser, so können sie zerfallen oder aufweichen. Den genauen Zeitpunkt, von dem an die Wasserkalkmörtel unter Wasser selbständig erhärten, findet man zweckmäßig durch probeweises Einlegen der gleichzeitig hergestellten Proben in bestimmten Zeitabschnitten in das Wasser und Feststellung des Zeitpunktes, von dem an hierbei der Probekörper unbeschädigt bleibt[1]). Im allgemeinen wird gefordert werden können, daß nach 4 Tagen Lufterhärtung die Vicatsche Nadel (siehe § 96) keinen wesentlichen Eindruck mehr auf den Probekörper macht.

Die Verwendung der schwach- und mittelhydraulischen Wasserkalke findet vorwiegend an der Luft und im Feuchten statt; nicht selten wird hier, um den Mörtel geschmeidiger zu bekommen, ein Teil Weiß- oder Graukalk zugesetzt. Hochhydraulische, den Romanzementen nahestehende Wasserkalke können überall dort Anwendung finden, wo die Kalkzementmörtel benutzt werden, d h. für Tief- und Wasserbauten, für Hochbauten aller Art, zu Putzarbeiten im Innern und außen. Im allgemeinen sind die hydraulischen Kalkmörtel dem verlängerten Zementmörtel wegen ihrer oft nicht unerheblichen Billigkeit bei etwa gleicher Leistungsfähigkeit überlegen[2]). Von den beiden im Handel vorkommenden Formen des Wasserkalkes, der Stückform und dem feingemahlenen Sackkalk, verdient letzterer den Vorzug wegen der Einfachheit der Mörtelherstellung, seiner durch bessere Aufschließung und feinste Mahlung bedingten, schnelleren und besseren Luft- und Wassererhärtung, wegen seiner größeren Sandkapazität, endlich im Hinblicke auf die fast ausgeschlossene Gefahr des Treibens.

Den Wasserkalken nahe stehen die sogenannten **Edelputz-Materialien,** welche, als Trocken- (Sack-)Mörtel in den Handel gebracht, gebrauchsfertige Fassadenputzmörtel darstellen. Als die bekannteren von ihnen sind zu nennen:

---

1) Genaueres über die Prüfung vergl. in: Burchartz, Hydraulische Kalke, Mitteil. des Berliner Prüfungsamtes 1902, Tetmayer, Methoden und Resultate der Prüfung hydraulischer Bindemittel, Heft 6, 1893, Feichtinger, Die chemische Technologie der Mörtelmaterialien, 1885, sowie Dr. Kiepenheuer, Wasserkalke, 1911, S. 96 u. flgd., sowie chemische Untersuchung der Wasserkalke, dort S. 40 u. flgd.

2) Vergl. hierzu den Vortrag von Prof. Gary vom 19. II. 1907 im Deutschen Verein für Ton-, Zement-Kalkindustrie, abgedruckt in Nr. 57 der Tonind.-Ztg. 1907.

a) Terranova der gleichnamigen Industrie zu Freihung in der Oberpfalz. Der hydraulisch abbindende Putz, in kräftigen Farben — namentlich des Ziegelsteins — gehalten, wird nur mit Wasser angemacht und ist sofort verbrauchsfähig; er ist vollkommen wetter- und raumbeständig, frei von erdigen Beimengungen oder löslichen, zu Auswitterung Veranlassung gebenden Salzen, von großer Gleichmäßigkeit und — da er die Luft hindurchläßt — auch vom hygienischen Standpunkte einwandfrei. Terranova ist geeignet für Zieh-, Antrag- und Stampfarbeiten, für ebenen Flächenputz jeder Art im Innern der Gebäude wie außen, für Quaderputz, Rauhputz u. dgl. Die Färbung wird durch Ausnutzung der kräftigen Farben des Ziegelmaterials verschiedener Sorten bewirkt, ist also eine durchaus beständige, d. h. weder dem Verblassen noch dem Verdunkeln ausgesetzt. Die Erhärtung des Putzes beruht auf kieselhaltigen, kalkigen Grundstoffen, welche nach dem Anmachen mit Wasser ein Kalksilikat bilden, also hydraulisch wirken.

Der Putz wird zweckmäßig als wasseraufsaugender rauher „Unterputz" aus 1 RT. körniger Terranova + 1 RT. Sand oder auf je 1 RT. gut gelöschten Weiß- oder Graukalk + 3 RT. Sand und etwas Terranova (auf 1 cbm Mörtel 5 Sack) und als Oberputz hergestellt, der nur aus reiner Terranova mit Wasser besteht und auf dem vorher genäßten, etwas abgebundenen Unterputz durch zweimaliges Anwerfen in etwa 5—7 mm Stärken aufgetragen wird. Handelt es sich um eine Fassade, die unmittelbar dem Wetter ausgesetzt ist und die unter keinen Umständen vom Wetter durchfeuchtet werden darf, so empfiehlt es sich, die Unterputzschicht aus einem Ceresitisoliermörtel (vgl. § 96), etwa im Mischungsverhältnis von 1 T. Zement : 3 T. Sand, angemacht mit Ceresitmilch (1 T. C. auf 10 T. Wasser), herzustellen. Der Ceresitmörtel wird, wie jeder andere Putz mit der Latte abgezogen und zusammengerieben; seine rauhe Oberfläche gestattet leicht das Auftragen des Edelputzes[1]).

Die Ausgestaltung der Putzoberfläche kann eine ganz beliebige sein, fein und grob gestockt, gekörnt, schariert, glatt, mit Besen aufgeraut usf.

Der fertige Putz ist schönfarbig, klar in seiner Tönung, wasserabweisend[2]), luftdurchlässig, raumbeständig, schnell erhärtend, festhaftend, abbürstbar und abwaschbar, durchaus wetterbeständig und unempfindlich gegen verdünnte Säuren und Basen — er genügt mithin allen Anforderungen, welche an ein derartiges Putzmaterial zu stellen sind.

Neben der Verwendung zu Putz wird Terranova auch als poröser Estrich Terrenova-Secura — namentlich als Unterlage für Linoleum benutzt. Diese Estrichmasse, vorzugsweise aus gewaschenen, z. T. porösen Mineralien gebildet, ist unlöslich, raumbeständig, sehr gut luftdurchlässig, warm, schalldämpfend, bei ihrer porösen Oberfläche sehr geeignet zum Aufkleben von Linoleum, einfach in der Herstellung, billig und nach 2 bis 3 Wochen vollkommen trocken.

b) Terrasit-Edelputz (Terrasit-Industrie G. m. b. H. Berlin-Halensee), ist in seinen Eigenschaften dem unter a) erwähnten Baustoffe durchaus ähnlich. Die Färbung wird durch vermahlene Naturgesteine erzeugt[3]), sodaß der fertige Putz Steincharakter erhält und beliebige Steinarten nachzubilden gestattet. Die Körnung ist fein, mittel und grob, die Benutzung als Putzmaterial unbeschränkt. Ein Abwaschen mit verdünnter

[1]) An Ceresit ist für 1 qm rd. $^1/_2$ kg erforderlich. Dieser Zuschlag sichert unbedingt trockene Schlagseiten.

[2]) Aus Versuchen der Material-Prüfungsanstalten zu Berlin und München folgt, daß Terranova rd. 80mal dem verlängerten Zementmörtel in bezug auf Wasserabweisung überlegen ist. Die bezüglichen Ermittelungen erfolgten durch Auftropfen von Wasser auf gleich hergestellte Putzflächen; es wurde die Zeit bestimmt, innerhalb der das Wasser von der Putzfläche aufgenommen wurde.

[3]) Üblich sind die Farben: silbergrau, bleigrau, dunkelgrau, gelb, hellrot, dunkelrot, grünlich.

Salzsäure ist unschädlich. Das Material wird als nicht wasserabweisend bezeichnet, da gerade die Wasseraufnahme und Trocknung des Putzes hier als wichtig für die Bewährung und Dauerhaftigkeit angesehen wird.

Auch Terrasit-Estrich wird hergestellt, desgleichen werden Terrasit-Kunststeine geliefert.

c) Lithin. Dieser Putz wird hergestellt von der A.-G. Steinfels bei Parksteinhütten in Bayern, wird in der Färbung aller Naturgesteine geliefert, deren kristallinische Körner mit hydraulisch wirkenden Bindemitteln vereinigt werden. Demgemäß führt der Putz zu einer Nachahmung beliebiger Naturgesteine, und zwar in verschiedenster Korngröße (von 1—6 mm). Geliefert wird als Fassadenputz ein langsam bindendes Lithin, für Kunststeine und Gußarbeiten eine schneller erhärtende Abart; auch wird der Putzstoff zu Estrich verwendet.

d) Felsit-Porphyr ist ein Mittel für Fassadenputz und Estricherzeugung der Porphyr-G. m. b. H. in Freihung (Oberpfalz) und rein mineralischer Art, aus Feldspat und Quarz als Rohstoffen gebildet, die besonders aufbereitet und hierbei mit Naturfarbstoffen versetzt werden. Der harte, frost- und wetterbeständige, poröse Putzmörtel liefert einen ästhetisch sehr befriedigenden Putz.

e) Diabasit (der Putz- und Estrichwerke G. m. b. H. in Langelsheim im Harz), ahmt die Farbe des Diabas nach, ist im allgemeinen grüngrau, läßt aber auch jede andere Färbung zu.

f) Topasit, ein ebenfalls wetter- und farbbeständiges Putz- und Estrichmaterial der Topasitwerke Strube u. Co. zu Langelsheim a. H.

§ 95. Roman-Zemente [1]).

Bezüglich ihrer Verwendbarkeit und Erhärtungsart stehen die aus möglichst homogenen Kalkmergeln von hohem Kieselsäure- und Tonerde-Gehalte erbrannten Romanzemente den hoch hydraulischen Wasserkalken nahe; sie enthalten bis 30 v. H. Ton und 50—70 v. H. $CaCO_3$. Während sich aber hydraulische Kalke nach dem Eintauchen in Wasser zu einem mehr oder weniger feinen Pulver löschen lassen, d. h. hierbei zu Mehl zerfallen, tritt dies bei den Romanzementen nicht mehr ein; jedoch teilen sie wieder die Eigenschaft der hydraulischen Kalke, nach dem Abbinden unter Wasser gebracht, hier unter allmählicher Zunahme an Festigkeit zu erhärten.

Im Gegensatze zum Portlandzement enthalten Romanzemente nach ihrem Brennen stets noch etwas Ätzkalk. Sie werden i. d. R. — abgesehen von wenigen hochkieselsäurehaltigen Gesteinen — noch unter ihrer Sintertemperatur gebrannt, hierauf fein bis körnig gemahlen, in dieser Form als Mehl in den Handel gebracht und zur Mörtelherstellung unmittelbar verwendet. Ihr Abbindevorgang erfolgt demgemäß erst im Mörtel selbst.

In obigem Sinne sprechen sich auch die österreichischen und die Schweizer Normen für einheitliche Benennung usw. der hydraulischen Bindemittel aus:

Erstere besagen, daß: „Romanzemente Erzeugnisse sind, welche aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Be-

[1]) Die Bezeichnung ist englischen Ursprunges. Zuerst wurden in England natürliche Zemente erbrannt, welche wegen der Ähnlichkeit in bezug auf ihre Wirkung im hydraulischen Mörtel mit der Puzzollanerde den Namen Römische Zemente (Roman-Z.) erhielten.

netzung mit Wasser sich nicht löschen und daher erst durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müssen".

Nach den Schweizer Bestimmungen sind „Romanzemente Erzeugnisse, welche aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze und darauffolgender Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden".

Zugefügt wird:

„Vor eintretender Sinterung bzw. vor eintretender Verschlackung gar gebrannte Kalkmergel bestimmter chemisch-physikalischer Beschaffenheit geben Romanzemente. Der Einwirkung der Atmosphärilien ausgesetzt oder mit Wasser benetzt, zerfällt das gebrannte Material nicht (oder doch nur teilweise), muß daher stets auf geeigneten Mahlvorrichtungen zerkleinert werden. Das Mehlgut ist erdig-körnig; die Farbe gelblich, mit Abstufungen ins Rötlichbraune" usw.

Das spezifische Gewicht der Romanzemente beträgt nur ausnahmsweise mehr als 3,0, und liegt i. d. R. bei 2,7. Ihre Lagerung muß eine durchaus sichere sein, da sie begierig Wasser und Kohlensäure aus der Luft aufnehmen und hierdurch an Bindefähigkeit erheblich einbüßen; überhaupt empfiehlt es sich, diese Zemente nicht zu lange liegen zu lassen, sondern sie möglichst frisch zu verwenden, wie auch ihrer Sendung über See Schwierigkeiten und Nachteile entgegenstehen.

Viele Romanzemente sind Raschbinder, d. h. ihre Erhärtung beginnt oft schon nach wenigen Minuten, daneben gibt es Halblangsam-Binder und Langsam-Binder, bei denen die obige Grenze nicht weit über 15 Minuten und bei etwa 3—4 Stunden liegt. Mit dem Beginne des Abbindens geht eine — oft erhebliche — Temperaturerhöhung Hand in Hand; sie dauert an bis der Erhärtungsprozeß beendet. Da sich der Abbindevorgang ebenso schnell unter Wasser wie an der Luft vollzieht, so eignen sich Romanzemente durchaus zu Wasserbauten, und hier namentlich an Stellen, wo es in erster Linie auf ein Abdichten gegenüber dem Wasserdrucke und weniger auf hohe Festigkeit ankommt. Während gut gebrannte Romanzemente eine durchaus regelmäßig vorschreitende Erhärtung zeigen, kann bei unrichtig gebranntem oder nicht vollkommen gleichartigem Material die Bindekraft, die zuerst groß ist, während des Abbindens plötzlich nachlassen, um jedoch nach einiger Zeit wieder bis zur normalen Größe anzusteigen.

Bei der Herstellung des Mörtels werden zuerst trockener Zement und trockener Sand innigst gemischt, und zwar in kleinen Mengen, die schnell verbraucht werden können. Die Sand-Zementmischung wird hierauf auf Wasser undurchlässiger Unterlage in Haufenform aufgesetzt und in der Mitte soweit ausgehöhlt, daß hier die notwendige Wassermenge Platz hat. Das Ganze wird dann rasch und energisch durchgearbeitet und gleich verwendet. Soll der Mörtel wasserdicht sein, so wird die Mischung stets satt genommen, d. h. man verwendet mindestens soviel Zement als der Porenraum im Sande beträgt, also i. d. R. 40—45 v. H. RT. Zement auf 55—60 v. H. Sand, während für gewöhnlichen Mauermörtel bzw. Putz an der Luft ein Mischungsverhältnis von 1 : 7 bzw. 1 : 3 bis 1 : 5 üblich ist.

Der Mörtel ist so rasch zu verwenden, daß er seine Lage im Bauwerk einnimmt, noch ehe sein Abbinden begonnen hat, da namentlich die Anfangserhärtung eine kräftige ist. Da Romanzement erdig-locker ist, nimmt er auch mehr Wasser auf als zur Bildung der Hydrosilikate usw. notwendig ist. Bei Lufterhärtung verdunstet wohl ein Teil dieses Wassers, vielfach bleibt es aber als Porenwasser zurück und vermindert als solches die Festigkeit des Mörtels; man sollte daher den Romanzement so steif wie möglich, d. h. mit rd. 34 v. H. Wasser anmengen, und auch dafür besorgt sein, daß der angemachte Mörtel sofort verbraucht werde, da der z. T. schon abgebundene, um wieder gut verarbeitbar

zu werden, einen neuen Wasserzusatz verlangt, der, aus den vorstehend ausgeführten Gründen, den Mörtel schädigt. Deshalb sollte man, namentlich für Putz- und Gesimsarbeiten nur soviel Mörtel im Kasten anmachen, als in längstens 10 Minuten verarbeitet werden kann. Da ferner absaugende Steine das Abbinden stark befördern, ist eine starke Annässung derartigen, also namentlich des Ziegel-Mauerwerkes unbedingt notwendig, da sonst an der Berührungsfläche zwischen Stein und Mörtel durch plötzliches Zusammenziehen des letzteren keine ausreichende Haftung eintritt.

In ähnlichem Sinne ist Putz aus Romanzement (wegen seiner Austrocknung und des schlechten Haftens wie des Auftretens von Schwindrissen) vor Sonnenbestrahlung und starkem Luftzuge durch vorgehängte Matten u. dgl. in der ersten Zeit zu schützen.

Die Ausbeute an Mörtel ist bei 1:3 angenähert durch die Volumenmasse des Sandes bedingt, dessen Hohlräume von Zement und Wasser erfüllt werden; hier ergibt sich bei feinem Sande eine Mörtelmasse von 3,0—2,95 RT., dsgl. bei gemischtem fein- und grobkönigem Sande, während bei grobem Sande rd. 2,90 RT. entstehen; eine Mischung 1:1 liefert i. M. 1,6, 1:2 dsgl. 2,3 RT. Mörtel.

Als Festigkeit wird von den österreichischen Normen verlangt:

	Erhärtungsdauer		Druck-	Mindest-Zugfestigkeit in kg/qcm
für langsam- und mittelbindende Romanzemente	7	Tage	—	5
	28		80	10
für raschbindende Romanzemente	7	Tage	—	4
	28		60	8

Hierbei hat das Mittel aus den 4 besten Ergebnissen von 6 geprüften Körpern als die mittlere Festigkeit in den betreffenden Altersklassen zu gelten.

Die Schweizer Vorschriften schreiben nach 28tägiger Erhärtung (25 unter Wasser, die ersten 3 Tage an der Luft) bei einer Mischung 1:3 eine Zugfestigkeit von mindestens 12, eine Druckfestigkeit von mehr als 100 kg/qcm vor.

In Deutschland sind als Normenzahl vorgeschlagen — nicht eingeführt — für den Mörtel 1:3

Erhärtungszeit	7	28	365	Tage
Zugfestigkeit	10	15	25	kg/qcm.
Druckfestigkeit	75	120	225	kg/qcm.

Für einen Romanzement kann man nach 7tägiger bzw. 28tägiger Erhärtung mit einer Zugfestigkeit von i. M. 15,5 bzw. 24, und einer Druckfestigkeit von rd. 130 bzw. 170 kg/qcm rechnen.

Neben der Bestimmung der Festigkeit hat sich die Prüfung der Romanzemente, für die in Deutschland im allgemeinen[1]) die Portlandzementprüfung zugrunde gelegt wird, zu erstrecken auf: die Abbindeverhältnisse, die Volumenbeständigkeit und die Feinheit der Mahlung; bezüglich letzterer ist es, da die Bindefähigkeit und die Festigkeit des Mörtels mit der Feinheit des Zementes erheblich zunimmt und die Erscheinung des Treibens um so weniger zu befürchten ist, je feiner das Zementmehl ist, zweckmäßig, zu verlangen, daß auf dem 900 Maschen-Sieb nicht mehr als 20 v. H. Rückstände ver-

[1]) Vergleiche hierzu die österreichischen Bestimmungen für die einheitliche Lieferung von Romanzement (aufgestellt vom österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein i. J. 1890) und die Schweizer Normen vom Jahre 1905. Beide sind u. a. abgedruckt in: Hydraul. Kalk- und Portlandzement von Dr. H. Zwick. Dritte umgearbeitete Auflage von Dr. A. Moye, Wien und Leipzig. A. Hartlebens Verlag 1909. S. 202 und 218.

bleiben dürfen. Diese Zahl ist in Österreich auf 18 v. H., in der Schweiz auf 15 v. H. festgesetzt.

Hauptarten des deutschen[1]) Romanzementes nach ihren Fundorten sind:

Kufsteiner Zement aus den Brüchen von Kufstein, Perlmoos, Reichenhall, Staudach u. a., Bielefelder-Zement von hellbrauner Farbe, Portaer-Zement, hellgelbfarben, aus der Mindener Gegend, ein Raschbinder; auch liefern das Rheinland, sowie die Gegend von Freienwalde und Neustadt-Eberswalde, sowie Hildesheim usw. Romanzemente.

Die Lieferung erfolgt, gleichwie beim Portlandzement in Fässern und Säcken, und zwar in Normalfässern zu 250 kg oder in Säcken mit 60 und 75 kg brutto. Das Gewicht der Packung darf bei Fässern nicht mehr als 5, bei Säcken 15 v. H. betragen. Zur Umrechnung in Raummaß dient, daß 50 kg Gewicht etwa 47 l (bei Sack- und Faßpackung) entsprechen. 1 hl Romanzement lose geschüttelt wiegt 80 bis 105 kg. Der Preis ist gegenüber Portlandzement niedriger, naturgemäß kann letzterer aber als Kunsterzeugnis in größerer Gleichmäßigkeit seiner Zusammensetzung hergestellt werden.

§ 96. Portlandzement, Portlandzementmörtel und -Beton.

Nach den deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement vom Dezember 1909[2]) ist die Begriffserklärung von Portlandzement folgendermaßen gefaßt:

„Portlandzement ist ein hydraulisches Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gew.-T. Kalk (CaO) auf 1 Gew.-T. löslicher Kieselsäure (SiO_2) + Tonerde (Al_2O_3) + Eisenoxyd (Fe_2O_3), hergestellt durch feine Zerkleinerung und innige Mischung der Rohstoffe, Brennen bis mindestens zur Sinterung und Feinmahlen. Dem Portlandzement dürfen nicht mehr als 3 v. H. Zusätze zu besonderen Zwecken zugegeben sein.

Der Magnesiagehalt darf höchstens 5 v. H., der Gehalt an Schwefelsäure-Anhydrit nicht mehr als $2\,^1/_2$ v. H. im geglühten Portlandzement betragen[3])".

Wie sich schon aus dieser Begriffserklärung ergibt, sind die Rohstoffe zur Herstellung der Portlandzemente kohlensaurer Kalk und Ton, und zwar werden im Durchschnitt auf 75 Teile des ersteren Stoffes 25 Teile des letzteren kommen. Naturgemäß sind diese Zahlen abhängig von der Art des Rohmaterials, sodaß eine jede Fabrik im allgemeinen ihre besonderen Mischungsverhältnisse haben wird und haben muß. Aus demselben Grunde ist auch das Fabrikationsverfahren, namentlich in Hinsicht darauf, wie die beiden Rohstoffe innig miteinander vermischt werden müssen, recht verschieden; hier spielt in erster Linie die Art des Kalkes eine Rolle. Besteht er in Wiesenkalk, Kreide, weicherem Kalkmergel, so wird die Vereinigung von Kalk und Ton meist auf nassem Wege, durch Zusammenschlämmen bewirkt, während härtere Kalksorten i. d. R. unmittelbar gemahlen und auf trockenem Wege mit dem Ton vermischt werden. Auch kann — namentlich bei starker Verunreinigung — nur einer der beiden Stoffe geschlämmt, der andere trocken zugeführt werden. Naturgemäß ist das Mischen der Rohstoffe auf Grund

[1]) Außer in Deutschland findet sich Romanzement in größeren Mengen in England, Frankreich und Österreich.

[2]) Die deutschen Normen sind durch Runderlaß des preußischen Ministers für öffentliche Arbeiten vom 16. März 1910 anerkannt; sie treten hiermit an Stelle der früheren Normen vom 28. Juli 1887 (Z. d. B. 1887, S. 309).

[3]) Wegen der Begründung vergl. den Abdruck der Normen auf den S. 620 u. flgd.

quantitativer Analysen auszuführen, da nur auf Grund solcher eine dauernde Gleichmäßigkeit des Zementes zu erreichen ist.

Bei Auswahl der Rohstoffe sind solche Kalksteine zu bevorzugen, welche bereits Ton enthalten, also als Kalkmergel anzusprechen sind, da sie nur noch eines meist geringeren Zusatzes an Ton bedürfen; ein starker Gehalt an SiO_2 ist hierbei nicht erwünscht, desgleichen an Magnesia, um so weniger als letztere im fertigen Zemente Treiberscheinungen hervorrufen kann. Nur verhältnismäßig selten wird der Kalkmergel eine solche Zusammensetzung von Natur aus aufweisen, daß er, unmittelbar dem Bruch entnommen, zu Zement gebrannt werden kann. Je dichter der Kalkstein ist, um so besser ist seine Ausbeute, ferner steigt mit größerer Härte auch die spätere Güte des Zementes.

Bei Auswahl des Tones ist darauf zu achten, daß die Kieselsäure in leicht aufschließbarem Zustande vorhanden sein muß, also nicht in Form beigemengten Sandes. Durch einen mäßigen Gehalt an Eisenoxyd und Alkalien wird das Sintern des Zementklinkers erleichtert; derartige Beimengungen sind mithin von Vorteil. Nach Michaelis soll man, da ein hoher Kalkgehalt nur günstig für den Zement ist[1]), mehr als 2 Gew.-T. Kalk (CaO) auf 1 Gew.-T. Silikat verwenden. Als oberste Grenze sind 2,4 Gew.-T. CaO zu wählen, und zwar kann der Kalkgehalt um so höher genommen werden, je inniger die Mischung von Ton und Kalk ist. Nach O. Schott liegt die Zusammensetzung guter Portlandzemente in den Grenzen:

CaO	60—67 v. H.
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$ . .	8—14 „ „
SiO_2	20—23 v. H.

Die Aufbereitung der Rohstoffe hat ihr feinstes Zerteilen und innigstes Mischen zum Endzwecke, da nur alsdann der Sinterprozeß ein vollkommener wird.

Wie vorstehend schon kurz erwähnt wurde, kann die **Aufbereituug** — abhängig von der Art der Rohstoffe — bestehen

a) in einem Schlämmverfahren, nasse Aufbereitung,
b) in einem Halbnaßverfahren,
c) in einem Trockenverfahren.

a) Bei dem ersten Verfahren werden beide Rohstoffe unter Zusatz von viel Wasser zunächst zerkleinert und dann vermahlen; hierdurch erlangt die Rohmischung die Form eines dünneren oder dickeren Schlammes, dessen Dichte sich nach den Rohstoffen und weiteren Betriebsanforderungen richtet. Namentlich ist eine Verdünnung des Schlammes angebracht, wenn man hierbei aus den Rohstoffen Sand entfernen will, zu welchem Zwecke der Rohschlamm auch durch Kanäle mit Absitzbecken u. dgl. geleitet wird. In gleicher Weise kann auch für sich allein zu demselben Zwecke der Ton geschlämmt und von Sand befreit werden.

Bei den älteren Fabriken läßt man den Dünnschlamm in ziemlich ausgedehnte Becken laufen und hier sich absetzen. Das überflüssige Wasser wird fortgeleitet und hierauf der Schlamm entnommen und in Ziegeln geformt, die dem Brennofen übergeben werden; in neuen Anlagen wird hingegen, falls kein Sand zu entfernen ist, Dickschlamm erzeugt, der unmittelbar nach „Naßrohrmühlen“[2]) gelangt zum Zwecke der Feinmahlung,

[1]) Eine Ausnahme macht hier nur der schnell bindende Portlandzement, der größeren Tongehalt und geringere Kalkbeimengung verlangt.

[2]) Hier kommen u. a. als Spezialmaschinen in Frage die Dana-Rohrmühle von Smidth-Kopenhagen, die Rotatoren und Finitoren zum Naßmahlen von Polysius-Dessau, die Clarke-Mühle derselben Firma usw.

um von hier aus in Sammelbecken zu gehen, die — mit Rührwerken versehen — zugleich zum Gleichartigmachen der Rohmasse, gegebenenfalls noch unter Zusatz des einen oder anderen Rohmaterials, dienen. Schließlich wird von hier aus der Schlamm — durch Pumpen u. dgl. — dem Drehofen zugeführt.

Als maschinelle Einrichtungen dienen bei Naßverfahren Schlammbecken mit Rührwerken, Naßkollergänge, Naßsiebtrommeln (zum Ausschöpfen des Schlammes aus dem Becken und Trennung dieses hierbei von den größeren Körnern) usw. Das Probenehmen für die dauernd notwendige, chemisch-quantitative Untersuchung der Rohmasse erfolgt in den Schlammbecken.

b) Bei der halbnassen Aufbereitung wird nur der Ton geschlämmt und ihm der trockene, sehr fein gemahlene Kalkstein in einer Misch- und Knetmaschine zugeführt. Die Rohmasse wird letzterer entnommen und in Ziegelform gepreßt.

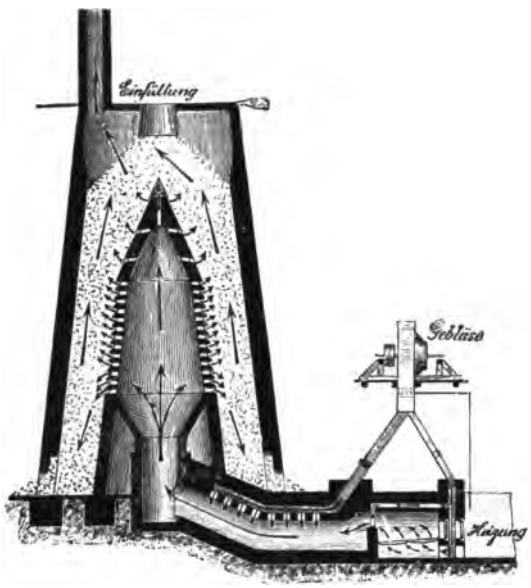


Abb. 4 a.
Längsschnitt durch einen Trockenturm.

Abb. 4 b.
Ansicht eines Trockenturmes.

c) Das Trockenverfahren beginnt mit der gesonderten Trocknung von Kalkstein und Ton, gegebenenfalls nach vorheriger grober Zerkleinerung des einen Rohstoffes oder von beiden. Diesem Zwecke dienen rotierende, von außen her erhitzte oder für die Durchleitung heißer Luft eingerichtete, meist geneigt liegende, in offene Zellen eingeteilte Trockentrommeln oder Trockentürme. Ihr Grundzug beruht darauf (Abb. 4 a, b), daß ein kegelförmiger, turmartiger Hohlraum mit einem, zur Einleitung der von außen kommenden Heizgase dienenden, innen hohlen Kern versehen ist. In den ringförmigen Raum um den Kern herum werden Kalk- bzw. Tonbrocken geschüttet; ihre Trocknung erfolgt durch Feuergase, welche aus Durchbrechungen der Kernwand in den Ringraum gelangen, hier die Rohstoffe umspülen und endlich nach einem Schornstein abziehen. Die Gesamteinrichtung ist also dem auf S. 590 beschriebenen Kalkofen ähnlich.

In neuerer Zeit dienen auch, den Drehöfen ähnliche, Rohmaterialtrockentrommeln dem vorgenannten Zwecke.

Nach ihrer Trocknung kommen die Rohstoffe in Mühlen, die sie allmählich,

schließlich bis zur Mehlfeinheit zerkleinern. Hierauf wird das Rohmehl soweit angefeuchtet, daß man aus ihm Ziegel für die Brennöfen formen kann oder bis es sich gerade ballt, um nunmehr unmittelbar in den Drehofen zu kommen.

Das Formen der Ziegel erfolgt entweder mit Strangpressen (vgl. S. 287) oder mit Pressen, wie sie bei der Kalksandsteinherstellung beschrieben wurden (vgl. S. 149). Dem Pressen der Strang-Ziegel folgt vor ihrem Brennen noch ein Trocknen — in guter Jahreszeit im Freien, sonst in besonderen Trockenkammern oder Trockenkanälen, die im allgemeinen den in der Ziegelindustrie verwendeten entsprechend gebaut und betrieben werden. Bei den trocken gepreßten Steinen, die im Ringofen gebrannt werden sollen, ist eine besondere Trocknung nicht notwendig; da hier durch die Art des Ringofenbetriebes, d. h. die allmähliche Einführung der Ziegel in größere Hitze die Trocknung vom Ofen selbst bewirkt wird (vgl. S. 309).

Das Brennen des Zementrohgutes hat zum Zwecke die vollkommene Heraustreibung des Wassers, auch des chemisch an den Ton gebundenen, das Vergasen der Kohlensäure des Kalksteinpulvers (bzw. der kohlensauren Magnesia), endlich die Herbeiführung des Sinterns der ganzen Masse, verbunden mit gegenseitiger chemischer Einwirkung der feuerfesten Bestandteile und der Erzielung größerer Dichte des ganzen Gemenges. Der aus dem Brande herauskommende, gargebrannte Zementklinker sieht grau und graugrün aus, zeigt ein rauhes, poröses Aussehen, klingt hell und ist von großer Schwere. Ist die Hitze zu hoch gewesen — erheblich über 1400° — so schmelzen die Klinker, erhalten hierbei ein basaltähnliches Aussehen und sind zur Zementherstellung nicht mehr brauchbar.

Als Brennöfen kommen heute vorwiegend in Frage der Ringofen, der Dietzschsche Etagenofen, der Aalborg und Schneider-Ofen und als neueste Art: der Drehofen.

Früher waren auch einfache Schachtöfen, wie sie noch heute in der Kalkindustrie Verwendung finden, im Gebrauche, d. h. periodisch brennende Öfen, welche jedesmal neugefüllt, zum Brande erhitzt und dann entleert wurden. Es liegt auf der Hand, daß hier die hohe, für Zementbrand erforderliche Temperatur eine besonders unvorteilhafte Ausnützung des Brennmaterials zur Folge hatte und zudem die ungleich große Hitze an den verschiedenen Stellen des Ofens kein gleichmäßiges Erzeugnis lieferte. Erheblich besser in beiderlei Beziehungen arbeiten die kontinuierlichen Öfen.

Unter ihnen nimmt eine hervorragende Stellung der bereits auf den Seiten 309 u. flgd. bei Herstellung der Ziegel besprochene Hoffmannsche Ringofen ein, in neuerer Zeit vielfach nach der Sonderbauart der Firma Eckardt & Hotop in Berlin ausgeführt, die darin besteht, daß an Stelle der sonst die einzelnen Kammern scheidenden Gurtbögen verschließbare, lange, quer durch das Gewölbe gehende Schlitze treten; durch diese können bequem größere Mengen Schwachbrand nachgefüllt werden, um nach erfolgtem Zusammensintern des Brenngutes eine Abdichtung gegen das Gewölbe hin zu bewirken. Als Vorteil des Ringofens ist — neben der Gleichartigkeit des Erzeugnisses und dem einfachen, sicheren Betriebe — sein verhältnismäßig geringer Brennstoffverbrauch (rd. 15—20 kg auf 100 kg Zement), hervorzuheben, während als Mangel der ziemlich lange dauernde Brand, vorwiegend aber der Umstand erwähnenswert ist, daß die Kühlung der Klinker hier langsamer als zweckmäßig vor sich geht. Dem berechtigten Bestreben, schnell zu brennen und auch schnell zu kühlen, tragen Ofenkonstruktionen Rechnung, die sich in ihrer Hauptform wieder dem Schachtofen anschließen, allerdings kontinuierlich arbeiten. Hier sind als weitverbreitet zu nennen der Etagenofen von Dietzsch, der Aalborg- und der Schneider-Ofen.

Bei dem Dietzschschen Ofen — Abb. 5[1]) — wird die Kontinuität des Betriebes im Gegensatz zum Ringofen, bei dem Feuer und Brennzone durch das stehende Brenngut weiterschreiten, dadurch erreicht, daß die Brennzone dauernd an derselben Stelle verbleibt und das Material sich ohne Unterbrechung durch sie hindurch bewegt. In Abb. 5 gelangt das Brenngut durch die Einfallöffnung a in den senkrechten Vorwärmeschacht b und von hier in den wagerechten Teil des Ofens c, um von hier aus, unter Zugabe von Brennmaterial (durch g) in den eigentlichen Brennraum d zu fallen. Der gargebrannte Zement gleitet dann nach e, wird hier durch die von unten hindurchstreichende

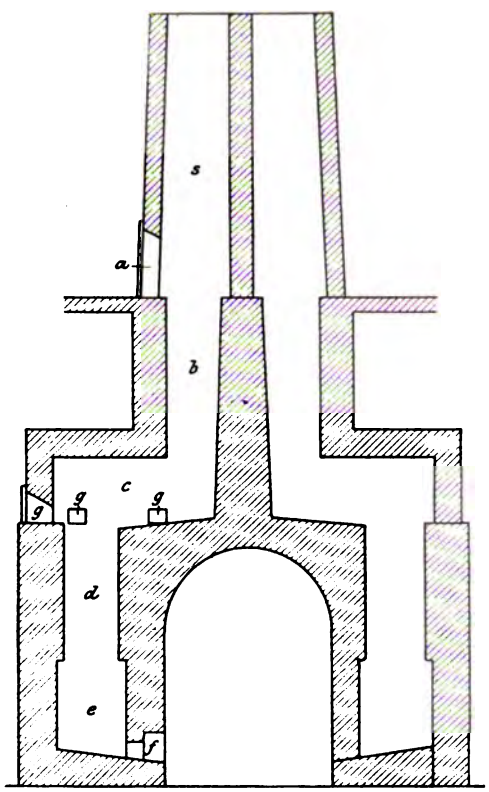


Abb. 5.
Grundzug des Dietzschschen Etagenofens.

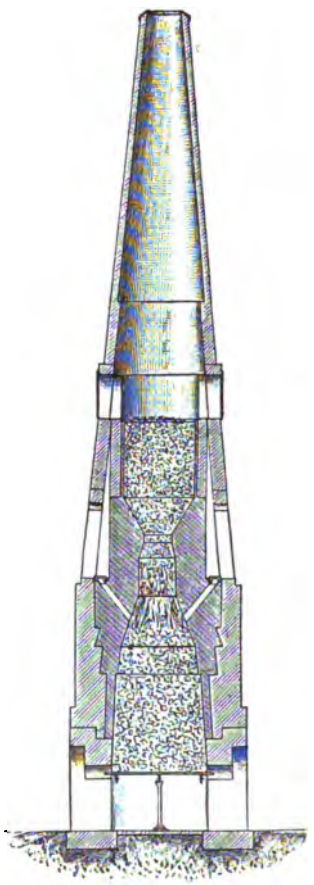


Abb. 6.
Längsschnitt durch den Aalburg-Ofen.

Luft, die sich hierbei selbst erwärmt, abgekühlt und endlich durch die Öffnung bei f herausgezogen.

Durch das Auseinanderschieben des Schachtes in die beiden Hauptteile b und d, die durch eine geneigte Ebene verbunden sind, erreichte Dietzsch die folgenden Vorteile:

In der eigentlichen Brennzone, in der das Brenngut am weichsten wird und am ehesten geneigt ist, an der Ofenwandung anzubacken, können die weichen Klinker nicht durch den Druck überlagernder Massen gegen die Ofenwandungen gepreßt werden; ferner

[1]) Vergl. u. a. R. Dietz: Altes und neues aus der Zement-Industrie, Arm. Beton, 1907, S. 120 u. flgd., sowie Uhlands Techn. Rundschau, 1908, Nr. 5—8. Hier ist u. a. auf das Verfahren von F. L. Smidth in Kopenhagen hingewiesen, welches in einem Naßknetverfahren besteht.

ist bei der Weiterbeförderung des Brenngutes durch den Teil c eine gute Beobachtung dieses und eine Beurteilung möglich, ob gut gefeuert wird bzw. wie weiterhin gefeuert werden muß.

Alles in allem bildet der Dietzschsche Ofen, der meist — Abb. 5 — als Doppelofen gebaut wird, eine ausgezeichnete Brenneinrichtung mit vorgewärmter Luft, dabei wenig Raum verlangend und bei geringem Brennverbrauche sehr wirtschaftlich arbeitend.

Ähnlich im allgemeinen ist der im Auslande vielfach bevorzugte Aalborgofen — Abb. 6 — nur verengt sich hier der Vorwärmeraum beim Übergang zum Brennraum sehr erheblich, wodurch die erweichende Masse in letzterem stark entlastet wird, namentlich an ihrem äußeren, am Ofenmantel anliegenden Teile. Hierdurch wird der Bildung von größeren Klumpen, sowie einem Hängenbleiben an der Wand entgegengearbeitet. Dem gleichen Zwecke dient eine Verbreiterung des unteren, an den Brennraum sich anschließenden Teiles (nach Bauart Schöfer)[1]).

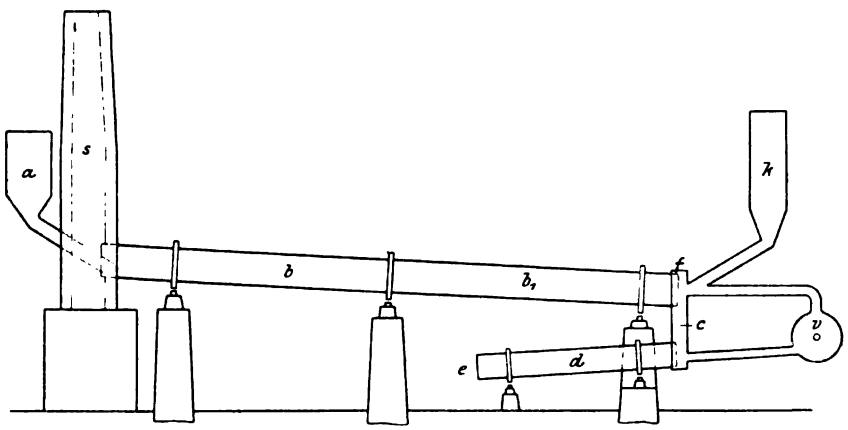


Abb. 7 a.
Grundzug eines Drehrohrofens.

Der Schneider-Ofen[2]) endlich ist ein sehr einfach gestalteter, für Koksheizung eingerichteter Schachtofen mit ununterbrochenem Betriebe, dessen Grundzug in seiner besonderen Beschickungsart liegt, die ein Ansetzen des Brenngutes an die Ofenwandung verhindert.

Bei allen den vorgenannten Öfen ist das Brennen des Zementes nur möglich nach einer vorangegangenen Formung des Brenngutes in Ziegelform. Hierdurch sind naturgemäß nicht unerhebliche Betriebskosten bedingt, um so mehr, als bei Herstellung der Ziegel aus dünnem Schlamm und mit Strangpressen noch eine künstliche Trocknung der Zementrohsteine verbunden werden muß. Es bedeutete daher einen sehr großen Fortschritt in der Ofenbauart und der Zementherstellung, als es gelang, die Zementrohmasse unmittelbar, d. h. wie sie aus dem Naß- oder

[1]) Ähnliche, aber weniger allgemein verbreitete, auf dem Grundsatze des Dietzschschen Ofens aufgebaute Systeme sind die Schachtofen von Schöfer (1), Hauenschild (2), Stein (3) und Hotop (4). Diese suchen die Mängel des Anbackens der Steine im Normal-Schachtofen zu verhindern durch Erweiterung der Ofenteile unter der Sinterzone (1), durch Kühlung und dünne Wandung des Ofenmantels (2), durch Verwendung eiserner Rippen ohne Ofenfutter (3), endlich durch Kühlung der inneren Ofenwandung (4).

[2]) Dieser Ofen ist wegen seiner einfachen Bauart und bequemen Bedienung beliebt; er wird von der Firma Schneider & Hock in Hamburg ausgeführt.

Trockenverfahren hervorgeht, ohne eine Zwischenstufe zu Zement zu brennen. Dies ermöglicht der Drehrohrofen[1]), der im letzten Jahrzehnte des vergangenen Jahrhunderts in Amerika eingeführt wurde und sich dort bestens bewährte. Nachdem es gelungen war, seine ausschließlich Mineralöl als Heizung verwendende Befeuerung durch Kohlenstaubfeuerung zu ersetzen, führte sich der Ofen auch bei uns ein. Den Betrieb des Drehofens mag die schematische Abbildung 7a, b erklären, während sein Aussehen in den Abbildungen 8, 9 u. 10 wiedergegeben ist. Die zu brennende Rohmischung gelangt (Abb. 7a) in den rotierenden Zylinder bb_1, den eigentlichen Drehrohrofen, von etwa 35 bis 40 m mittlerer Länge und etwa 2 m Durchmesser, bewegt sich allmählich den Feuergasen entgegen und fällt als gebrannter glühender Zement durch c in den kleineren Drehzylinder d, der zur Kühlung dient, um ihn bei e als fertiger Zement zu verlassen. Der obere, etwa $^2/_3$ des ganzen Drehzylinders betragende Teil dieses (b) dient als Trocken- und Vorwärmeraum, während das untere Drittel (b_1) den eigentlichen Brenn-

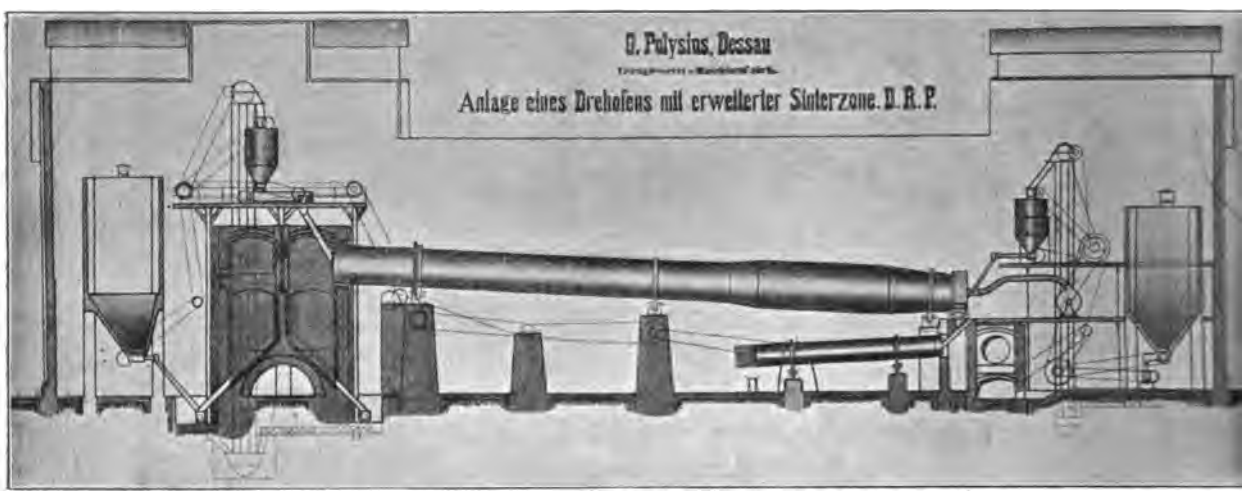


Abb. 7b.

raum bildet, die sogen. Sinterzone. Wie schon kurz erwähnt wurde, werden diesem Gange der Rohmasse entgegen die Verbrennungsluft und die Feuergase geführt. Der Kohlenstaub wird in k aufgegeben und gelangt nach f, wo er mit der von dem Ventilator v eingeblasenen Luft verbrennt. Diese Luft wird durch die Kühltrommel (d) über den glühenden Zement hinweg eingesaugt, kühlt diesen hierbei schnell ab und erhitzt sich selbst in hohem Maße. Demgemäß ist die Verbrennung bei f eine sehr innige und die in den Brennraum geleitetete Flamme — von sehr hoher Temperatur, — weiter günstig für Vorwärmung und Trocknung des Zementrohgutes im Drehofenteil b. Eine erhebliche neue Verbesserung des Ofens besteht in der Erweiterung der Sinterzone, wie dies Abb. 7b erkennen läßt, und in der Verwendung von Druckluft bei der Beheizung[2]), wodurch eine vollkommene Ausnutzung des Brennstoffes und eine Erhöhung der Leistung bewirkt ist.

Es liegt auf der Hand, daß der Drehrohrofen gegenüber den älteren Systemen außerordentliche Vorteile besitzt; außer den schon angeführten, auf die Vorbereitung der

[1]) Der Drehrohrofen ist eine Erfindung von Frederik Ransome (engl. Pat. von 1885); er fand zunächst in England, dann in Amerika Verwendung, wo er besonders durch Hurry und Seaman vervollkommnet wurde.

[2]) DRP. der Firmen F. L. Smidth & Co., Kopenhagen-Berlin usw. und Polysius in Dessau.

Rohmasse sich beziehenden, kommt vor allem die ausgezeichnete und hoch gleichmäßige Qualität des Zementes ferner die einfache Bedienung, namentlich eine erhebliche Ersparnis an Arbeitskräften in Frage.

Der fertig gebrannte Zementklinker bzw. Drehrohrofenzement wird nach Auswahl des „Schwachbrandes" zerkleinert, und zwar bis zur Mehlfeinheit gemahlen. Je feiner die Mahlung ist, um so besser und wirksamer ist auch der Zement. Deshalb ist dieser letzteren Verarbeitungsstufe auch ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Abgesehen von den zum Vorbrechen nur verwendbaren „Maulbrechern", Brechwalzwerken und Kollergängen werden hier vorwiegend benutzt: Desintegratoren (Schleudermühlen vgl. S. 145), Kugelfallmühlen mit ihren zweckmäßigen und bewährten Abarten: der Kominormühle von F. L. Smidth & Co., dem Cementor von G. Polysius, weiter Rohrmühlen. Hervorhebenswert sind die Smidthsche Dana Rohrmühle, die Rotatoren und Finitoren von Polysius, die Roulettemühle von Amme, Giesecke und Konegen in Braunschweig (mit in wagerechter Ebene auf einer kreisrunden, gehöhlten, schmalen Laufbahn sich bewegenden Kugeln), Mahlgänge und Walzenstühle, endlich die Griffin- oder Pendelmühlen, bei denen die Zerkleinerungsarbeit durch einen aufrechten Kegelstumpf bewirkt wird, der am Ende eines, im Kreise schwingenden Pendels befestigt ist und an der Innenwandung eines Stahltopfes den vorgebrochenen Zementklinker zerreibt.

Mit den Zerkleinerungsmaschinen sind vielfach Siebvorrichtungen in unmittelbare Verbindung gebracht, und haben dann meist die Form von Trommeln. Daneben kommen — namentlich in neuerer Zeit — auch Windsichter vor, die unter Zuhilfenahme eines Ventilators das feine Mehl von dem „Grieß" trennen. Auch zum Verwiegen und Verpacken des Zementes

Abb. 8[1]). Drehrohröfen mit erweiterter Sinterzone; im Hintergrunde Rohmehlaufgabe und Rauchkammer.

Abb. 9[1]). Drehrohröfen mit erweiterter Sinterzone und mit darunterliegender Kühltrommel. Im Hintergrunde Kohlenstaubzuführung.

Abb. 10[1]). Drehrohröfen mit erweiterter Sinterzone und mit darunterliegenden Kühltrommeln nebst Antriebsvorrichtung.

[1]) Die Abbildungen entstammen Ausführungen der Firma G. Polysius-Dessau.

sind vollkommen automatisch arbeitende Vorrichtungen in den Zementbetrieben eingeführt, auf die an dieser Stelle einzugehen, jedoch zu weit führen würde.

Die Haupteigenschaften des Portlandzementes — soweit sie im Bauwesen eine Rolle spielen, sind in den **deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement vom Dezember 1909** zusammengefaßt; deshalb seien diese Bestimmungen nachfolgend wiedergegeben einschließlich der wertvollen Begründungen und Erläuterungen[1]):

[1]) Von besonderer Bedeutung ist auch der Erlaß des preuß. Arbeitsministers vom 16. III. 1910, mit dem diese Normen anerkannt und eingeführt werden, und zwar um so mehr als in ihm Stellung genommen wird zum Eisenportlandzement und Naturzementen.

„An Stelle der „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement" vom 28. Juli 1887, Zentralbl. d. B. 1887, S. 309) treten von jetzt ab die „Deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und von Eisenportlandzement" vom Dezember 1909. Beide Normen unterscheiden sich lediglich in den beiden Abschnitten:

I. Begriffserklärung
und II. Verpackung und Gewicht.

Bereits mehrere Jahre vor Aufstellung dieser neuen Normen waren in meinem Auftrage, und zwar auf Veranlassung des Vereins Deutscher Portlandzement-Fabrikanten und des Vereins Deutscher Eisenportlandzement-Werke, umfangreiche vergleichende Versuche mit Portland- und Eisenportlandzement vorgenommen worden; ich verweise deswegen auf das 5. und 6. Heft der „Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West", Jahrgang 1909.

Daselbst ist auf Seite 338 bis 353 die Prüfung von Eisenportlandzement im Vergleich zu Portlandzement in den Versuchsreihen I, IIa und b mitgeteilt. (Tabelle 1—23.) Das Ergebnis der Prüfung befindet sich auf Seite 353.

Die oben genannten Versuchsreihen können einen Anhalt geben, ob nach dem Gegenstande der Bauausführung die eine oder andere Zementart vorzugsweise geeignet erscheint; dabei ist hinsichtlich des Eisenportlandzementes, besonders wenn es sich um Lufterhärtung handelt die Bewährung mit besonderer Sorgfalt durch Versuche festzustellen. Die in der Regel für beide Zementarten zu veranlassende Ausschreibung kann hiernach ausnahmsweise auch von vorneherein auf eine Zementart beschränkt werden.

Im übrigen bemerke ich zu den neuen Normen folgendes:

Zu I, Begriffserklärung von Portlandzement.

Die in der Begründung und Erläuterung erwähnten Naturzemente sind den Portlandzementen ähnliche, aus natürlichen Steinen durch einfaches Brennen hergestellte Erzeugnisse, die jedoch mangels inniger Mischung der Bestandteile nicht die erforderliche Gleichmäßigkeit gewährleisten. Solche Zemente dürfen nicht als Portlandzemente bezeichnet werden.

Zu I, Begriffserklärung von Eisenportlandzement.

Um die Erfahrung bei Verwendung dieses Zementes zu erweitern, ist von etwaigen verdächtigen Erscheinungen, die eine schädliche Zusammensetzung der Schlacke vermuten lassen, dem Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde Mitteilung zu machen.

Insbesondere wird eine Nachprüfung durch das Materialprüfungsamt erfordlich sein, falls die Vermutung vorliegen sollte, daß die Mischung des gelieferten Zementes der Probe nicht entspricht.

Zu VII, Festigkeit.

Bei Vergebung von größeren Zementlieferungen empfiehlt es sich, vor der Zuschlagserteilung nicht nur Proben mit Normensand und in der Normenmischung 1:3 anzustellen, sondern, wie dies in der Begründung und Erläuterung hervorgehoben wird, auch mit denjenigen Mischungen und Sandsorten, die bei dem Bau wirklich verwandt werden sollen (z. B. 1:5 oder 1:7).

Es sei hier noch besonders darauf hingewiesen, daß die Druckprobe in Zukunft in erster Linie maßgebend sein soll, die Zugprobe jedoch daneben beibehalten ist, da sie als Vorprobe genügt und auf den Baustellen meist leichter auszuführen sein wird."

Die geschichtliche Entwickelung des Prüfungswesens der Portlandzementes in Deutschland — vorbildlich geworden für die anderen Kulturstaaten — ist in Anm. [1]) besprochen und zwar ist hier die Abhandlung wiedergegeben, welche der um das Zement-Prüfungswesen hochverdiente Prof. Dr. Ing. R. Dyckerhoff dem deutschen Museum zu München überreicht hat.

Deutsche Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Zement.

Dezember 1909.

I. Begriffserklärung von Portland-Zement.

Portlandzement ist ein hydraulisches Bindemittel mit nicht weniger als 1,7 Gew.-T. Kalk (CaO) auf 1 Gew.-T. lösliche Kieselsäure (SiO_2) + Tonerde (Al_2O_2) + Eisenoxyd (Fe_2O_3), hergestellt durch feine Zerkleinerung und innige Mischung der Rohstoffe,

[1]) „Die ältesten Prüfungen des Portland-Zementes beschränkten sich darauf, daß man Probegegenstände, die aus reinem Zement oder aus Zement-Sandmischungen bzw. aus Beton geformt waren, im Wasser und an der Luft erhärten ließ und beobachtete, ob sie ihre Form unverändert beibehielten und eine angemessene Härte annahmen. Aus einer Veröffentlichung des Hauptmanns im Kgl. dänischen Ingenieurkorps L. Madsen in Kopenhagen[1]) erfahren wir, daß in Dänemark, wo man schon frühzeitig Portlandzement zu Ufer- und Festungsbauten anwendete, solche Prüfungen vom General Ernst bereits im Jahre 1845 begonnen wurden. Die ersten Festigkeitsproben, die veröffentlicht worden sind, wurden von White & Sons im Jahre 1847 ausgeführt, und zwar wurde die Druckfestigkeit an reinem Zement und an Zementsandmörtel bestimmt[2]).

Vom April 1858 an wurden auch an den Festungswerken von Kopenhagen Festigkeitsproben ausgeführt. In dem Zeitraum von 1859 bis 1867 beschränkte man sich im wesentlichen auf die Feststellung der Zugfestigkeit. Doch wurden schon im Jahre 1860 Druckversuche mit Würfeln von 1 Zoll, d. h. rund 26 mm Seitenlänge, angefangen und seit 1867 gleichzeitig mit den Zugproben ausgeführt. Daneben wurden auch die Bindezeit und Volumbeständigkeit des Zementes auf ähnliche Weise wie später bei den Normenproben bestimmt.

Im Jahre 1858 hatte auch John Grant, Chefingenieur der Londoner Kanalbauten, Versuche zur Prüfung des Portlandzementes begonnen. Er erfand eine Zerreißmaschine für seine Versuche und ermittelte eine möglichst zweckmäßige Form für die Herstellung der Probekörper. Seine Versuche erstreckten sich indessen nur auf die Prüfung des reinen Zementes zur fortlaufenden Kontrolle der zu den Kanalbauten von ihm verwendeten Portlandzemente.

Zu den ältesten Festigkeitsprüfungen des Portlandzementes zählen auch die in Wien angestellten und von Prof. Rebhann veröffentlichten Versuche[3]), bei denen mit Perlmooser Portlandzement und mehreren englischen Portlandzementen an reinem Material sowie an Mischungen mit Sand oder Schotter die Biegungs- und Druckfestigkeit bestimmt wurde.

Seit 1867 hatte man sich unter Leitung des Oberingenieurs Lindley auch am Kanalbauamt in Frankfurt a. M. nach Grantschem Vorbild mit der Zementprüfung befaßt. Es wurden hier neben der Prüfung des reinen Zementes auf längere Zeit, der Praxis entsprechend, auch fortlaufend Mischungen von Zement mit 1 bis zu 4 Teilen Sand geprüft. Ebenso hatten damals auch deutsche Portlandzement-Fabrikanten begonnen, ihr Erzeugnis auf Festigkeit zu prüfen. Anfangs geschah dies durch Ermittelung der Biegungsfestigkeit. Hierzu dienten Zement-Prismen mit rechteckigem Querschnitte (Länge: 130 mm, Breite: 65 mm, Dicke: 32,5 mm) und die folgende einfache Vorrichtung: Das Zement-Prisma wurde mit einer seiner flachen Seiten auf zwei Schneiden gelagert und von oben durch eine dritte Schneide, die an einem Hebel mit angehängter Wagschale befestigt war und ihren Angriffspunkt in der Mitte der beiden unteren Schneiden hatte, durch Auflegen von Gewichten auf die Wagschale so lange belastet, bis der Bruch

[1]) Baumaterialienkunde 1905, S. 180.

[2]) Builder, 1848 Juli, London. Vgl. auch Michaëlis: „Die hydraulischen Mörtel", Leipzig 1869. S. 241.

[3]) Försters Allgemeine Bauzeitung 1862, S. 261.

Brennen bis mindestens zur Sinterung und Feinmahlen. Dem Portlandzement dürfen nicht mehr als 3 v. H. Zusätze zu besonderen Zwecken zugegeben sein.

Der Magnesia-Gehalt darf höchstens 5 v. H., der Gehalt an Schwefelsäureanhydrid nicht mehr als 2 1/2 v. H. im geglühten Portlandzement betragen.

Begründung und Erläuterung.

Portlandzement unterscheidet sich von allen anderen hydraulischen Bindemitteln durch seinen hohen Kalkgehalt, welcher eine innige Mischung der Rohstoffe in ganz be-

---

erfolgte. — Später bestimmte man in den Zementfabriken die Zugfestigkeit, wozu einzelne den Apparat von Grant benutzten.

Zu Anfang der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts beschäftigte sich die Firma Frühling, Michaëlis & Co. in Berlin vielfach mit der Prüfung des Portlandzementes. Sie ließ einen Zerreißapparat mit 30facher Hebelübersetzung bauen und später einen Doppel-Hebelapparat mit 50facher Übersetzung. Letzterer ist der allgemein bekannte, noch jetzt übliche Frühling-Michaëlissche Zugfestigkeitsapparat. Ferner wurde von Dr. Michaëlis eine zweckmäßige Form für die Zugprobekörper, die sog. Acht- oder Geigenform, eingeführt, welche ebenfalls noch jetzt in der Zementprüfung üblich ist.

Im Jahre 1871 trat die erste preußische Prüfungsstation für Baumaterialien unter Leitung von Dr. Böhme an der Kgl. Gewerbeakademie in Berlin in Tätigkeit, und im Jahre 1872 wurde die erste staatliche Prüfungsanstalt in Bayern an der Kgl. Technischen Hochschule in München errichtet. Diese war von vornherein mit den besten damals bekannten Hilfsmitteln ausgestattet und wurde das Vorbild für die später errichteten Prüfungsanstalten der verschiedenen deutschen Bundesstaaten. In München war es besonders Professor J. Bauschinger, der sich um das Prüfungswesen der Bau- und Konstruktionsmaterialien in hervorragendem Maße verdient gemacht hat.

Bei allen bisherigen Versuchen zur Prüfung des Portlandzementes fehlte indes die Einheitlichkeit in der Versuchsausführung. Wohl prüfte jede einzelne Versuchsstelle nach bestem Ermessen und Können, aber bei der Untersuchung desselben Zementes wurden an verschiedenen Stellen außerordentlich schwankende Ergebnisse erzielt. Diese Unterschiede in den Versuchsergebnissen machten sich in den Kreisen der Zementfabrikanten besonders fühlbar. Infolgedessen wurde auf der 11. Hauptversammlung des „Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Tonwaren, Kalk und Zement“ im Januar 1875[1]) von der Portlandzementfabrik Gebr. Heyn in Lüneburg beantragt: „einen Modus festzustellen, nach welchem die Zemente auf absolute und relative Festigkeit zu prüfen seien“. Da jedoch die Ansichten über diesen Gegenstand noch sehr weit auseinander gingen, so einigte man sich schließlich dahin, den Zementtechniker Dr. Michaëlis in Berlin damit zu betrauen, eine Reihe von Fragen zu bearbeiten, die das, was man von einem guten Zement verlangen kann, berühren sollten. Dr. Michaëlis stellte hierauf in einer Abhandlung „Zur Beurteilung des Zements“[2]) am Schlusse eine Anzahl von Vorschriften auf, nach welchen Zement geprüft und auch beurteilt werden sollte. Diese Vorschriften erlangten jedoch auf der Hauptversammlung des „Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln usw.“ 1876 nicht sämtlich die Billigung der Zementfabrikanten. Insbesondere gab die Michaëlissche Festigkeitsprüfung des Zementes nach 7 Tagen, die Prüfung des reinen Zementes als entscheidende Probe und die Herstellung der Probekörper auf absaugenden Unterlagen (Gipsplatten) Veranlassung zu Entgegnungen, und namentlich sind hier zwei Abhandlungen von Rudolf Dyckerhoff zu erwähnen: „Zur Prüfung von Portland-Zement“[3]) und „Über Prüfungsmethoden von Portland-Zement“[4]), die schon den Weg wiesen, auf welchem man später zu dem gewünschten Ziele gelangen sollte. Man schritt nun zur Wahl eines Ausschusses, der aus Mitgliedern des „Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln usw.“, des „Berliner Architektenvereins“ und des „Vereins Berliner Baumarkt“ bestand. Dieser Ausschuß gelangte in mehreren im Laufe des Jahres 1876 abgehaltenen Sitzungen zur Abfassung von „Beschlüssen über einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Zement“, welche in sechs Resolutionen mit begleitenden Erklärungen und Motiven zusammengefaßt waren.

Bei den Beratungen des Ausschusses lagen auch vorläufige Mitteilungen über Versuchsergebnisse von Prof. Bauschinger in München vor, welche dieser mit zehn Zementen erhalten hatte, die von

[1]) Notizblatt des „Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln usw.“ 1875, S. 85.
[2]) s. „Notizblatt“ 1875, Heft 3.
[3]) s. „Notizblatt“ 1876, S. 313.
[4]) Deutsche Bauzeitung 1877, Nr. 38.

stimmtem Verhältnisse bedingt, wie sie (sehr wenige natürliche Vorkommen ausgenommen) mit Sicherheit nur auf künstliche Weise durch feinstes Mahlen oder Schlämmen und innigste Mischung unter chemischer Kontrolle zu erreichen ist.

Es muß im Interesse der Abnehmer verlangt werden, daß ähnliche, aus natürlichen Steinen, durch einfaches Brennen hergestellte Erzeugnisse als „Natur-Zemente" bezeichnet werden.

Durch das Brennen bis zur Sinterung (beginnende Schmelzung) erhält das Erzeugnis eine große Dichte (Raumgewicht), welche eine wesentliche Eigenschaft des Portlandzementes ist.

---

mehreren Zementfabrikanten im Sommer 1876 eingesandt worden waren. Später sind die Ergebnisse dieser vielseitigen Versuche, bei welchen die Zemente auf Zug, Biegung, Schub und Druck und Volumbeständigkeit geprüft wurden, nach zweijähriger Versuchsdauer in den „Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule in München" von 1879, Heft 8 veröffentlicht worden. Außer der Volumbeständigkeit (Kuchenprobe im Wasser) wurde von Prof. Bauschinger auch die minimale Ausdehnung der Zemente während ihrer Erhärtung mittelst eines von ihm konstruierten, sehr empfindlichen Meßapparates bestimmt.

In den Beschlüssen, die von den oben genannten Vereinen und dem inzwischen gegründeten „Verein deutscher Zement-Fabrikanten" mit einigen Änderungen angenommen wurden, war die Zugfestigkeitsprobe nach 28 Tagen mit 3 Teilen Sand auf 1 Teil Zement als maßgebend aufgestellt, während die 7tägige Probe, mit Sandbeimischung oder mit reinem Zement, nur als Vorprobe zur Kontrolle der abgelieferten Ware gelten sollte. Als entscheidende Probe auf Volumbeständigkeit war die Kuchenprobe aus reinem Zement bei Erhärtung im Wasser aufgenommen. Für Packung, Bindezeit und Siebfeinheit des Zementes sowie für die Herstellung der Probekörper nach dem Einschlagverfahren, ferner für die Herstellung des Normalsandes waren ebenfalls bestimmte Vorschriften gegeben.

Die Beschlüsse der vier Vereine wurden 1877 dem preußischen Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten, sowie den Ministerien und Baubehörden anderer deutscher Staaten als „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Zement" vom „Verein deutscher Zement-Fabrikanten" zur Einführung empfohlen. Der Minister der öffentlichen Arbeiten ließ die „Beschlüsse" nochmals durch einen Ausschuß von Sachverständigen einer Prüfung unterziehen, und erst nachdem dieser die Beschlüsse mit einigen Änderungen gutgeheißen hatte, wurden die „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement" mittelst Erlaß vom 10. November 1878 vom Minister der öffentlichen Arbeiten und später auch von den übrigen Ministerien des Königreichs Preußen eingeführt. Diese Normen haben bald nachher auch die Anerkennung der übrigen deutschen Staaten gefunden, sodaß sie heute in ganz Deutschland in Geltung sind und auch für viele andere Staaten (Österreich, die Schweiz, Rußland usw.) als Vorbild gedient haben.

Im Laufe der Jahre wurden die ursprünglich nur für Portlandzement aufgestellten Prüfungsvorschriften des öfteren ohne weiteres auch auf die Prüfung anderer hydraulischer Bindemittel wie Romanzement, Traß, Schlackenzemente übertragen, die andere, von Portlandzement abweichende Eigenschaften haben. (Vgl. auch die Veröffentlichung des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten in Preußen im Zentralblatt der Bauverwaltung 1890 Nr. 52.) Durch zahlreiche Versuche war jedoch bewiesen worden, daß die Prüfung anderer Bindemittel nach den für Portlandzement aufgestellten Normen auch schon aus dem Grunde unzulässig ist, weil das Verhältnis zwischen Zug- und Druckfestigkeit bei den verschiedenen Bindemitteln ein wechselndes ist. Dies zeitigte eine Revision der Normen, bei der die Druckfestigkeit, da die Mörtel in der Praxis in erster Linie auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen werden, als maßgebende Festigkeitsprobe vorgesehen wurde. Das Erscheinen von Mischprodukten am Markt machte ferner die Aufstellung einer Begriffserklärung für Portland-Zement notwendig.

Im Jahre 1886 legte der „Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten" dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten einen Entwurf der revidierten Normen zur Annahme vor. Nach dessen Begutachtung durch die Kgl. Prüfungsanstalt für Baumaterialien und die Kgl. Akademie des Bauwesens unter Zuziehung der beiden Vorsitzenden des Zementfabrikanten-Vereins wurden die Normen in der revidierten Fassung mittelst Erlaß vom 28. Juli 1887 vom Ministerium der öffentlichen Arbeiten eingeführt.

Die revidierten Normen von 1887 unterscheiden sich von den bis dahin geltenden Normen außer durch die schon erwähnte Einführung einer Begriffserklärung und der Prüfung auf Druckfestigkeit noch weiter dadurch, daß genauere Vorschriften für die Packung, die Ausführung der verschiedenen

Ein Magnesia-Gehalt bis zu 5 v. H., wie er bei Verwendung dolomithaltigen Kalksteins im Portlandzement vorkommen kann, hat sich als unschädlich erwiesen, wenn bei Bemessung des Kalkgehaltes der Magnesia-Gehalt berücksichtigt wurde.

Um den Portlandzement langsam bindend zu machen, ist es üblich, ihm beim Mahlen rohen Gips (wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk) zuzusetzen, außerdem enthalten fast alle Portlandzemente schwefelsaure Verbindungen aus den Rohstoffen und Brennstoffen.

Zusätze zu besonderen Zwecken, namentlich zur Regelung der Bindezeit, sind nicht zu entbehren, jedoch in Höhe von 3 v. H. begrenzt, um die Möglichkeit von Zusätzen lediglich zur Gewichtsvermehrung auszuschließen.

Ein Gehalt bis zu $2^1/_2$ v. H. Schwefelsäure-Anhydrid hat sich als unschädlich erwiesen.

Prüfungen, den Normalsand u. a. m. aufgestellt waren. Insbesondere wurde für die Herstellung der Festigkeitsprobekörper statt der bisher üblichen Handarbeit der Böhmesche Hammerapparat eingeführt. Die Mindestdruckfestigkeit der Mischung 1 Zement : 3 Sand nach 28 Tagen wurde auf 160 kg für 1 qcm festgesetzt und die Zugfestigkeit (entsprechend den Fortschritten in der Fabrikation des Portlandzements von 10 kg auf 16 kg/qcm erhöht. Ebenso wurde der höchste zulässige Siebrückstand auf dem 900 Maschensieb von 20 % auf 10 % herabgesetzt.

Die Herstellung des Normalsandes, der die Grundlage für die gesamten Festigkeitsprüfungen bildet, wurde in der Folge nach einheitlichem Verfahren durchgeführt und durch das Kgl. Materialprüfungsamt in Lichterfelde überwacht. Alle in den Handel kommenden Normalsandsäcke müssen die Plombe des Amtes tragen.

Um zu noch besserer Übereinstimmung bei den Festigkeitsprüfungen zu gelangen, erhielten die Normen, wiederum zufolge Antrages des „Vereins deutscher Portland-Zement-Fabrikanten" und auf Befürwortung der Kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Groß-Lichterfelde, mittels Erlaß des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten vom 19. Februar 1902 eine Ergänzung in bezug auf den Wasserzusatz und die Mörtelbearbeitung. Für letztere wurde der Mörtelmischer von Steinbrück-Schmeltzer eingeführt.

Der „Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten" ist ferner tätig, noch weitere Verbesserungen der Normen für Portland-Zement einzuführen. So ist ein Ausschuß des Vereins bestrebt, eine Volumbeständigkeitsprobe aufzufinden, welche die Prüfung des Portland-Zementes zuverlässig und in kürzerer Zeit als die Normenprobe gestattet. Frühere, in Gemeinschaft mit der Kgl. preußischen mechanisch-technischen Versuchsanstalt ausgeführte Arbeiten ergaben nämlich, daß keine der bis jetzt bekannten, sogenannten beschleunigten Volumbeständigkeitsproben (Kuchendarrprobe, Kochprobe usw.) geeignet ist, ein in allen Fällen zuverlässiges und schnelles Urteil über die Verwendbarkeit eines Zementes in der Praxis zu gestatten[1]).

Da ferner, wie schon früher, auch neuerdings wieder gewisse Zemente (Mischzemente und andere, dem Portlandzement ähnliche Erzeugnisse), als Portlandzement in den Handel gebracht und infolgedessen nach den speziell für Portlandzement geltenden Normen geprüft und beurteilt werden, so beschäftigte sich der „Verein deutscher Portland-Zement-Fabrikanten" damit, die frühere (1887) bei Revision der Normen aufgestellte Begriffserklärung für Portlandzement dadurch zu ergänzen, daß ihr diejenigen Merkmale des Portlandzementes hinzugefügt werden, die ihn in charakteristischer Weise von ähnlichen Bindemitteln unterscheiden[2]). Aus diesen Arbeiten sind die oben abgedruckten neuen Normen von 1909 hervorgegangen.

Andere europäische und außereuropäische Staaten haben ebenfalls Normen für die Prüfung von Portlandzement eingeführt, die indes in verschiedenen Punkten (nicht immer zum Vorteil der Prüfung sowohl, als des internationalen Handelsverkehres) von den deutschen Normen abweichen. Um nun zu einem einheitlichen Prüfungsverfahren zu gelangen, ist der internationale Kongreß für die Materialprüfungen der Technik bestrebt, möglichst ein internationales Prüfungsverfahren zu vereinbaren. Eine Einigung in allen abweichenden Punkten ist aber bis jetzt noch nicht erzielt worden.

---

[1]) s. Mitteilungen aus den Kgl. Technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1899, S. 59 und 60.

[2]) s. Protokolle des Vereins Deutscher Portland-Zementfabrikanten 1905 und 1906.

II. Verpackung und Gewicht.

Portlandzement wird in der Regel in Säcken oder Fässern verpackt. Die Verpackung soll außer dem Bruttogewicht und der Bezeichnung „Portland-Zement" die Firma oder Marke des Werkes in deutlicher Schrift tragen.

Streuverlust sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 v. H. nicht beanstandet werden.

Begründung und Erläuterung.

Da bei Verpackung sowohl in Säcken wie in Fässern verschiedene Gewichte im Gebrauch sind, so ist die Aufschrift des Bruttogewichts unbedingt nötig.

Durch die Bezeichnung „Portland-Zement" soll dem Käufer die Gewißheit gegeben werden, daß die Ware der diesen Normen vorgedruckten Begriffserklärung entspricht[1]).

III. Abbinden.

Der Erhärtungsbeginn von normal bindendem Portlandzement soll nicht früher als eine Stunde nach dem Anmachen eintreten. Für besondere Zwecke kann rascher bindender Portlandzement verlangt werden, welcher als solcher gekennzeichnet sein muß.

Begründung und Erläuterung.

Der Erhärtungsbeginn von normal bindendem Portlandzement wurde auf mindestens eine Stunde festgesetzt, weil der Beginn des Abbindens von Wichtigkeit ist; dagegen ist von der Festsetzung einer bestimmten Bindezeit Abstand genommen, weil es bei der Verwendung von Portlandzement von geringer Bedeutung ist, ob der Abbindeprozeß in kürzerer oder längerer Zeit beendet wird. Etwaige Vorschriften über die Bindezeit sollten daher nicht zu eng begrenzt werden.

---

[1]) Der Verein Deutscher Portland-Zementfabrikanten verpflichtet und kontrolliert seine Mitglieder auf die Innehaltung der den Normen vorgedruckten Begriffserklärung und der darin festgelegten Eigenschaften des Portland-Zementes.

Diese Verpflichtung lautet:

„Die Vereinsmitglieder dürfen unter der Bezeichnung „Portland-Zement" nur ein Erzeugnis in den Handel bringen, welches dadurch entsteht, daß eine innige Mischung von feinzerkleinerten, kalk- und tonhaltigen Stoffen oder Kalk-Tonerde-Silikaten bis zur Sinterung gebrannt und bis zur Mehlfeinheit zerkleinert wird. Sie verpflichten sich, jedes Erzeugnis, welches auf andere Weise als wie oben angegeben, entstanden ist, oder welchem während oder nach dem Brennen fremde Körper beigemischt wurden, nicht als Portlandzement anzuerkennen und den Verkauf derartiger Erzeugnisse unter der Bezeichnung „Portlandzement" als eine Täuschung des Käufers anzusehen. Doch sollen von dieser Verpflichtung kleine Zusätze unbetroffen bleiben, welche zur Regelung der Abbindezeit des Portlandzementes oder zu anderen besonderen Zwecken bis zur Höhe von 3 v. H. erforderlich sein können.

Die Vereinsmitglieder verpflichten sich ferner, den Portlandzement in allen Beziehungen gemäß den Bestimmungen dieser Normen zu liefern.

Wenn ein Konsument für besonderen Zweck ausnahmsweise gröber gemahlenen Portlandzement als in den Normen vorgeschrieben, oder gefärbten Portlandzement verlangt, so ist diese Lieferung gestattet.

Wenn ein Vereinsmitglied den vorstehend angegebenen Verpflichtungen zuwiderhandelt, soll dasselbe vom Verein ausgeschlossen werden. Der erfolgte Ausschluß ist öffentlich bekannt zu machen."

Die Fabrikate der Vereinsmitglieder werden alljährlich im Vereinslaboratorium zu Karlshorst bei Berlin nach jeder Richtung auf Einhaltung dieser Verpflichtung geprüft, das Resultat wird in der Generalversammlung bekannt gegeben.

Um ein Urteil über das Abbinden eines Portlandzementes zu gewinnen, rühre man 100 g des reinen langsam bindenden Portlandzementes 3 Minuten, des rasch bindenden 1 Minute lang mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glasplatte einen etwa 1,5 cm dicken, nach dem Rande hin dünn auslaufenden Kuchen. Die zur Herstellung dieses Kuchens erforderliche Dickflüssigkeit des Portlandzementbreies soll so beschaffen sein, daß der mit einem Spatel auf die Glasplatte gebrachte Brei erst durch mehrmaliges Aufstoßen der Glasplatte nach dem Rande hin ausläuft, wozu in den meisten Fällen 27 bis 30 v. H. Anmachwasser genügen. Man beobachte die beginnende Erstarrung.

Zur Feststellung des Erhärtungsbeginnes und zur Ermittelung der Bindezeit bedient man sich der zylindrischen Normalnadel von 1 qmm Querschnitt und 300 g Gewicht, die senkrecht zur Achse abgeschnitten ist. Man füllt einen auf eine Glasplatte gesetzten konischen Hartgummiring von 4 cm Höhe und 7 cm mittlerem lichtem Durchmesser mit dem Portlandzementbrei (aus etwa 300 g Portlandzement) von der oben angegebenen Dickflüssigkeit und bringt ihn unter die Nadel. Der Zeitpunkt, in welchem die Normalnadel den Portlandzementkuchen nicht mehr gänzlich zu durchdringen vermag, gilt als der „Beginn des Abbindens“. Die Zeit, welche verfließt, bis die Normalnadel auf dem erstarrten Kuchen keinen merklichen Eindruck mehr hinterläßt, ist die „Bindezeit“.

Da das Abbinden von Portlandzement durch die Wärme der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflußt wird, insofern hohe Temperatur das Abbinden beschleunigt, niedrige Temperatur es dagegen verzögert, so ist es nötig, die Versuche, um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, bei 15—18° C mittlerer Zement-, Wasser- und Luftwärme vorzunehmen und auch Geräte und Sand vorher auf diese Temperatur zu bringen.

Die Meinung, daß Portlandzement bei längerem Lagern an Güte verliere, ist irrig, sofern der Portlandzement trocken und zugfrei gelagert wird. Vertragsbestimmungen, welche nur frische Ware vorschreiben, sollten deshalb in Wegfall kommen.

IV. Raumbeständigkeit.

Portlandzement soll raumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, daß ein auf einer Glasplatte hergestellter und vor Austrocknung geschützter Kuchen aus reinem Portlandzement, nach 24 Stunden unter Wasser gelegt, auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

Erläuterung.

Zur Ausführung der Probe wird der zur Beurteilung des Abbindens angefertigte Kuchen bei langsam bindendem Portlandzement nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, unter Wasser gelegt. Bei rasch bindendem Portlandzement kann dies schon nach kürzerer Frist geschehen. Die Kuchen, namentlich von langsam bindendem Zement, müssen bis nach erfolgtem Abbinden vor Trocknung geschützt werden, am besten durch Aufbewahren in einem bedeckten Kasten. Es wird hierdurch die Entstehung von Schwindrissen vermieden, welche i. d. R. in der Mitte des Kuchens entstehen und von Unkundigen für Treibrisse gehalten werden können.

Zeigen sich bei Erhärtung unter Wasser Verkrümmungen oder Kantenrisse, so deutet dies unzweifelhaft „Treiben“ des Portlandzementes an, d. h. es findet infolge einer Raumvermehrung Zerklüften des Portlandzementes unter allmählicher Lockerung des

zuerst gewonnenen Zusammenhanges statt, welches bis zu gänzlichem Zerfallen des Portlandzementes führen kann.

Die Erscheinungen des Treibens zeigen sich an den Kuchen i. d. R. bereits nach 3 Tagen; jedenfalls genügt eine Beobachtung bis zu 28 Tagen.

V. Feinheit der Mahlung.

Portlandzement soll so fein gemahlen sein, daß er auf dem Siebe von 900 Maschen auf ein Quadratzentimeter höchstens 5 v. H. Rückstand hinterläßt. Die Maschenweite des Siebes soll 0,222 mm betragen.

Begründung und Erläuterung.

Zu der Siebprobe sind 100 g Portlandzement zu verwenden.

Genaue Siebe sind im Handel nicht zu haben, deshalb sollen Schwankungen der Maschenweite zwischen 0,215 mm bis 0,240 mm zulässig sein.

Da Portlandzement fast nur mit Sand, in vielen Fällen sogar mit hohem Sandzusatz verarbeitet wird, die Festigkeit eines Mörtels aber um so größer ist, je feiner der dazu verwendete Portlandzement gemahlen war (weil dann mehr Teile des Portlandzementes zur Wirkung kommen), so ist die feine Mahluug des Portlandzementes von Wichtigkeit.

Es wäre indessen irrig, wollte man aus der feinen Mahlung allein auf die Güte eines Portlandzementes schließen.

VI. Festigkeitsproben.

Der Portlandzement soll auf Druckfestigkeit in einer Mischung von Portlandzement und Sand nach einheitlichem Verfahren geprüft werden, und zwar an Würfeln von 50 qcm Fläche.

Begründung.

Da man erfahrungsgemäß aus den mit Portlandzement ohne Sandzusatz gewonnenen Festigkeitsergebnissen nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand schließen kann, namentlich wenn es sich um Vergleichung von Portlandzementen aus verschiedenen Fabriken handelt, so ist es geboten, die Prüfung von Portlandzement auf Bindekraft mittelst Sandzusatz vorzunehmen.

Weil bei der Verwendung die Mörtel in erster Linie auf Druck in Anspruch genommen werden und die Druckfestigkeit sich am zuverlässigsten ermitteln läßt, ist nur die Prüfung auf Druckfestigkeit entscheidend.

Um die erforderliche Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, derartige Apparate und Geräte zu benutzen, wie sie beim Königlichen Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde in Gebrauch sind.

VII. Festigkeit.

Langsam bindender Portlandzement soll mit 3 Gew.-T. Normensand auf einen Gew.-T. Portlandzement nach 7 Tagen Erhärtung — 1 Tag in feuchter Luft und 6 Tage unter Wasser — mindestens 120 kg/qcm erreichen (Vorprobe); nach weiterer Erhärtung von 21 Tagen in Luft von Zimmertemperatur (15—20° C.) soll die Druckfestigkeit mindestens 250 kg/qcm betragen. Im Streitfalle entscheidet nur die Prüfung nach 28 Tagen.

Portlandzement, der für Wasserbauten bestimmt ist, soll nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag in feuchter Luft, 27 Tage unter Wasser — mindestens 200 kg/qcm Druckfestigkeit zeigen.

Zur Erleichterung der Kontrolle auf der Baustelle kann eine Prüfung auf Zugfestigkeit dienen. Der Zement soll in einer Mischung von 1 Teil Zement: 3 Teilen Normensand nach 7 Tagen Erhärtung (1 Tag in der Luft, 6 Tage unter Wasser) mindestens 12 kg/qcm Zugfestigkeit aufweisen.

Bei schnell bindenden Portlandzementen ist die Festigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen geringer, als die oben angegebene. Es soll deshalb bei Nennung von Festigkeitszahlen stets auch die Bindezeit aufgeführt werden.

Begründung und Erläuterung.

Da verschiedene Portlandzemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es bei ihrer Verwendung vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Portlandzemente die Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als normales Verhältnis wird angenommen: 3 Gew.-T. Sand auf 1 Gew.-T. Portlandzement, da mit 3 T. Sand der Grad der Bindefähigkeit bei verschiedenen Portlandzementen in hinreichendem Maße zum Ausdruck gelangt.

Wenn aber die Ausnützungsfähigkeit eines Portlandzementes voll dargestellt werden soll, empfiehlt es sich, auch noch Versuchsreihen mit höheren Sandzusätzen auszuführen.

Portlandzement, welcher eine höhere Festigkeit zeigt, gestattet in vielen Fällen einen größeren Sandzusatz und hat, aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, sowie auch schon wegen seiner größeren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis.

Da die weitaus größte Menge des Portlandzementes Verwendung im Hochbau findet und in kürzerer Zeit die Bindekraft sich nicht genügend erkennen läßt, so wird als maßgebende Prüfung die auf Druckfestigkeit nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag in feuchter Luft, 6 Tage unter Wasser und dann 21 Tage in Luft von Zimmertemperatur (15—20° C) — bestimmt, und damit den Verhältnissen der Praxis angepaßt.

Für den zu Wasserbauten bestimmten Portlandzement wird der praktischen Verwendung entsprechend die Prüfung nach 27 Tagen Wassererhärtung beibehalten.

Da aus der Zugfestigkeit des Zementes nicht in allen Fällen auf eine entsprechende Druckfestigkeit geschlossen werden kann, empfiehlt es sich bei sehr hohen Zugfestigkeitszahlen nach 7tägiger Erhärtung die Druckfestigkeit des Zementes besonders zu prüfen.

Um zu übereinstimmenden Ergebnissen zu gelangen, muß überall Sand von gleicher Korngröße und gleicher Beschaffenheit (Normensand) benützt werden.

Der deutsche Normensand wird aus einem tertiären Quarzlager der Braunkohlenformation in der Nähe von Freienwalde a. O. gewonnen. Der fast weiße Rohsand wird in einer Waschmaschine gewaschen und künstlich getrocknet. Die Absiebung des trockenen Sandes geschieht auf Schwingsieben, die pendelnd aufgehängt sind. Auf dem einen Siebe wird erst das Grobe abgesiebt und dann auf dem anderen das Feine. Von jeder Tagesfertigung wird eine Probe auf Korngröße und Reinheit im Königlichen Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde kontrolliert.

Zur Kontrolle der Korngröße dienen Siebe aus 0,25 mm dickem Messingblech mit kreisrunden Löchern von 1,350 und 0,775 mm Durchmesser[1]).

[1]) Die Kontrollsiebe fertigt das Königliche Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde.

Der nach wiederholten Kontrollproben für gut befundene Normensand wird gesackt und jeder Sack mit der Plombe des Königlichen Materialprüfungsamtes verschlossen[1]).

Beschreibung der Proben zur Ermittelung der Festigkeit.

Da es darauf ankommt, daß bei Prüfung desselben Portlandzementes an verschiedenen Orten übereinstimmende Ergebnisse erzielt werden, so ist auf die genaue Einhaltung der im nachstehenden gegebenen Regeln ganz besonders zu achten.

Zur Erzielung richtiger Durchschnittszahlen sind für jede Prüfung mindestens 5 Probekörper anzufertigen.

Anfertigung der Portlandzement-Sandproben. Herstellung des Normenmörtels (1 : 3) und der Probekörper für die Festigkeitsversuche.

a) Mischen des Mörtels.

Das Mischen des Mörtels aus 1 Gew.-T. Portlandzement + 3 Gew.-T. Normensand soll mit der Mörtelmischmaschine Bauart Steinbrück-Schmelzer Abb. 11 a, b, c wie folgt ge-

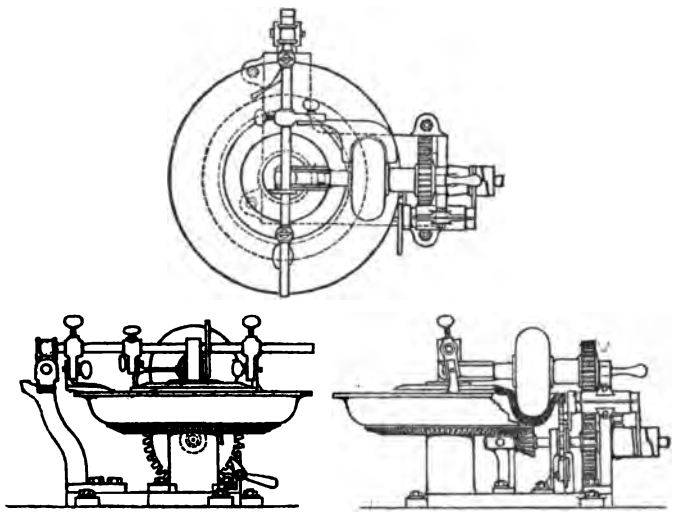


Abb. 11 a, b, c.
Mörtelmischer, Bauart Steinbrück-Schmelzer.

schehen: 400 g Portlandzement und 1200 g Normensand werden zunächst trocken mit einem leichten Löffel in einer Schüssel eine Minute lang gemischt. Dem trockenen Gemisch wird die vorher zu bestimmende Wassermenge zugesetzt. Die feuchte Masse wird sodann eine weitere Minute lang gemischt, dann in dem Mörtelmischer gleichmäßig verteilt und durch 20 Schalenumdrehungen bearbeitet.

b) Bestimmung des Wasserzusatzes.

Die Ermittelung des Wasserzusatzes zum Normenmörtel erfolgt unter Benutzung von Würfelformen in folgender Weise:

[1]) Den Verkauf dieses plombierten „Deutschen Normensandes" hat das Laboratorium des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten, Karlshorst, übernommen.

Trockene Mörtelgemische in oben angegebener Menge werden beim ersten Versuch mit 128 g (8 v. H.) und wenn nötig beim zweiten Versuch mit 160 g (10 v. H.) Wasser angemacht und im Mörtelmischer, wie vorgeschrieben, gemischt.

850 bis 860 g des fertig gemischten Mörtels werden in die Druckform, deren Aufsatzkasten am unteren Rande mit zwei Nuten nach Abb. 12 a, b versehen ist, gefüllt und im Hammerapparat von Böhme mit Festhaltung (nach Martens) mit 150 Schlägen eingeschlagen.

Nach dem Verhalten des Mörtels beim Einschlagen ist zu beurteilen, welcher Grenze der richtige Wasserzusatz am nächsten liegt; danach sind die Versuche mit verändertem Wasserzusatz fortzusetzen.

Der Wasserzusatz ist richtig gewählt, wenn zwischen dem 90. und 110. Schlage aus einer der beiden Nuten Portlandzementbrei auszufließen beginnt.

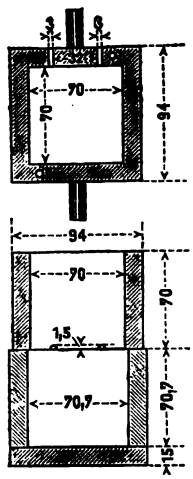


Abb. 12 a, b.
Druckform für die Versuchskörper. (Maße in mm.)

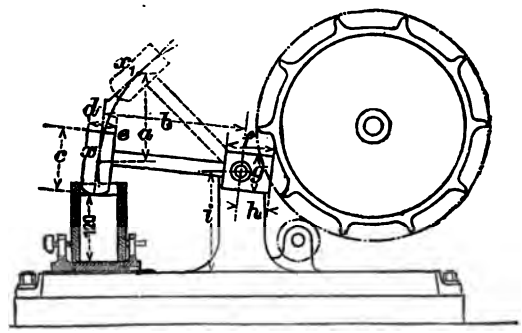


Abb. 13.
Hammerapparat (Bauart Böhme).

Das Mittel aus drei Versuchskörpern mit gleichem Wasserzusatz ist maßgebend und gilt für Anfertigung der Proben.

Der Austritt des Wassers erfolgt bei noch trockenen Aufsatzkästen langsamer als bei schon einmal benutzten, deshalb ist der Versuch bei erstmaliger Benutzung des Aufsatzkastens unsicher.

c) Herstellung der Probekörper.

Die Anfertigung der Probekörper aus Normenmörtel soll wie folgt geschehen:

850 bis 860 g des vorschriftsmäßig gemischten Mörtels werden in die Normalwürfelformen[1]) gebracht und im Hammerapparat (Bauart Böhme, s. Abb. 13) mit Festhaltung (Bauart Martens) unter Anwendung von 150 Schlägen eingeschlagen.

Die so hergestellten Probekörper werden an der Oberfläche mit einem Messer abgestrichen, geglättet und gezeichnet.

Die aus 400 g Portlandzement und 1200 g Normensand angemachte Mörtelmenge reicht zur Anfertigung von zwei Druckproben aus.

---

[1]) Die Formen müssen vor Ingebrauchnahme gut gereinigt und leicht geölt sein. Am besten verwendet man eine Mischung aus $^2/_3$ Rüböl und $^1/_3$ Petroleum.

Die Körper werden mit der Form auf nicht absaugender Unterlage in feucht gehaltene bedeckte Kästen gebracht und nach etwa 20 Stunden entformt; 24 Stunden nach erfolgter Herstellung kommen die Körper aus den Kästen unter Wasser von 15 bis 18° C.

Die für die Erhärtung unter Wasser bestimmten Probekörper dürfen erst unmittelbar vor der Prüfung dem Wasser entnommen werden. Das Wasser soll nicht mehr als 2 cm über den Probekörpern stehen und alle 14 Tage erneuert werden.

Die für die Erhärtung in Luft bestimmten Probekörper müssen einzeln freistehend auf dreikantigen Holzleisten im geschlossenen Raum zugfrei bei Zimmertemperatur gelagert werden.

Behandlung der Proben bei der Prüfung.

Bei der Prüfung soll, um einheitliche Ergebnisse zu erhalten, der Druck stets auf zwei Seitenflächen der Würfel ausgeübt werden, nicht aber auf Bodenfläche und die bearbeitete obere Fläche. Das Mittel aus den 5 Proben soll als die maßgebende Druckfestigkeit gelten.

Erheblich ausführlicher als die deutschen Normen sind die österreichischen Bestimmungen. Da sie z. T. nicht unerheblich von den deutschen abweichen und zudem in ihren Einzelausführungen als besonders lehrreich anzusprechen sind, mögen auch sie anschließend Aufnahme finden.

Bestimmungen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Zement[1]) in Österreich.

Begriffserklärung von Portlandzement.

Portlandzement ist ein Erzeugnis, welches aus natürlichen Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen ton- und kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sinterung und darauf folgende Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen wird und auf einen Gewichtsteil hydraulischer Bestandteile mindestens 1,7 Gewichtsteile Kalkerde enthält.

Zur Regulierung technisch wichtiger Eigenschaften des Portlandzementes ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2% des Gewichtes ohne Änderung des Namens zulässig.

Bemerkungen.

Portlandzement ist von grauer Farbe mit Übergängen ins Grüne oder Gelbliche. Mit Wasser angemacht, bindet Portlandzement entweder rasch, mittel oder langsam ab, wobei er sich im letzteren Falle meist nur unbedeutend erwärmt.

Das spezifische Gewicht des vollkommen scharf gesinterten Portlandzementes im frischen Zustande schwankt je nach dem Kalkgehalte, doch stellt es sich in der Regel gegen 3,10 und sein Glühverlust auf weniger als 2%. Das Gewicht in lose eingesiebtem Zustande beträgt per Liter ungefähr 1200 g. Beim Lagern des Portlandzementes verringert sich dieses Gewicht durch Aufnahme von Wasser und Kohlensäure, wogegen sein Glühverlust steigt. Daher hat der Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Portlandzementes ein Ausglühen desselben vor dem Gasgebläse bis zur Erreichung des stets gleichbleibenden Gewichtes der Probe voranzugehen.

Portlandzement wird durch längeres Lagern meist langsamer bindend und gewinnt bei trockener zugfreier Aufbewahrung im allgemeinen an Güte. Bei nicht sorgfältiger und obiger Voraussetzung nicht entsprechender Lagerung wird die Güte des Portlandzementes ungünstig beeinflußt.

I. Verpackung und Gewicht.

Portlandzement ist nach dem Gewichte mit Preisstellung für 100 kg Brutto zu handeln.

Die Fässer sollen mit Normalgewicht, und zwar mit 200 kg Bruttogewicht per Faß in den

---

[1]) Aufgestellt vom „Österreichischen Ingenieur- und Architektenverein“ im Jahre 1907. Sie traten an die Stelle der Bestimmungen vom Jahre 1888.

Handel gebracht werden. Die Lieferung in Säcken ist zulässig und sollen diese ein Normalgewicht von 50 kg Brutto erhalten.

Schwankungen im Einzel-Bruttogewichte können bis zu 2% nicht beanstandet werden.

Das Gewicht der Packung darf bei Lieferung in Fässern nicht mehr als 5%, bei Lieferung in Säcken höchstens 1,5% des Bruttogewichtes betragen.

Auf den Fässern und Säcken sollen die Firma der betreffenden Fabrik, der Herstellungsort, das Wort „Portlandzement" und das Bruttogewicht verzeichnet sein. Auf Verlangen des Bestellers sollen die Säcke mit einer Plombe verschlossen sein, auf welcher die Fabriksfirma, der Herstellungsort und das Wort „Portlandzement" ersichtlich gemacht sind.

Bemerkungen.

Aus Rücksicht für die einfachere Übernahme und zur Hintanhaltung von Unzukömmlichkeiten erscheint es empfehlenswert, ein einheitliches Gewicht für die Packung der Fässer und Säcke, in denen Portlandzement geliefert wird, festzusetzen.

Übrigens steht es dem Fabrikanten frei, mit dem Käufer ein anderes als die angeführten Normalgewichte zu vereinbaren.

II. Abbindeverhältnisse.

Die Portlandzemente sind rasch-, mittel- oder langsambindend.

Unter raschbindenden Portlandzementen sind diejenigen verstanden, deren Erhärtungsbeginn an der Luft ohne Sandzusatz, vom Zeitpunkte der Wasserzugabe an gerechnet, innerhalb 10 Minuten eintritt. Fällt der Erhärtungsbeginn eines Portlandzementes über 30 Minuten hinaus, so ist derselbe als langsambindend zu bezeichnen.

Zwischen den rasch- und langsambindenden Portlandzementen werden die mittelbindenden eingereiht.

Raschbindende Portlandzemente sollen nur über besonderes Verlangen geliefert werden.

Bemerkungen.

Die Ermittelung des Erhärtungsbeginnes ist zur Bestimmung der Kategorie, in welche ein Portlandzement bezüglich seiner Abbindeverhältnisse einzureihen ist, von Wichtigkeit, und namentlich bei raschbindenden Portlandzementen ist die Kenntnis des Erhärtungsbeginnes notwendig, da bis zu dem Zeitpunkte, wo derselbe eintritt, der Portlandzement verarbeitet sein muß, soll nicht seine Bindekraft Einbuße erleiden.

Zur Bestimmung des Erhärtungsbeginnes und der Abbindezeit eines Portlandzementes dient die Normalnadel in Verbindung mit dem Konsistenzmesser.

Da die Menge des dem Portlandzemente zugesetzten Wassers die Abbindeverhältnisse erheblich beeinflußt, so ist der Zementbrei bei den Abbindeversuchen in einer bestimmten Konsistenz (Normalkonsistenz) herzustellen.

Der Apparat zur Bestimmung der Konsistenz besteht aus einem Gestelle, an dem eine Teilung in Millimetern angebracht ist. In einer Führung bewegt sich ein arretierbarer Metallstab, dessen oberes Ende eine Metallscheibe trägt, während am unteren Ende sich ein Messingstab von 1 cm Durchmesser (der Konsistenzmesser) befindet. Der Konsistenzmesser wiegt samt dem Führungsstabe und der Scheibe 300 g.

Die zum Apparate gehörige, zur Aufnahme des Zementbreies bestimmte Dose ist aus Hartgummi erzeugt, mißt 8 cm im Durchmesser und 4 cm in der Höhe. Beim Gebrauche wird dieselbe auf eine starke Glasplatte aufgesetzt, welche gleichzeitig den Boden der Dose bildet. Wird der Konsistenzmesser bis auf diese Bodenfläche herabgelassen, so zeigt der am Führungsstabe befindliche Zeiger auf den Nullpunkt der Teilung, sodaß der jedesmalige Stand der unteren Fläche des Konsistenzmessers über der Bodenfläche der Dose unmittelbar an der Teilung abgelesen werden kann.

Bei der Prüfung der Abbindeverhältnisse eines Portlandzementes ist folgender Vorgang einzuhalten.

Man rührt 400 g Portlandzement mit einer vorläufig angenommenen Wassermenge bei Langsam- und Mittelbindern durch drei Minuten, bei Raschbindern durch eine Minute, mit einem löffelartigen Spatel zu einem steifen Brei, welcher, ohne gerüttelt oder eingestoßen zu werden, in die Dose des Apparates gebracht und an der Oberfläche sorgfältig in gleicher Ebene mit dem oberen Rande der Dose abgestrichen wird. Die so gefüllte Dose wird mit der Glasplatte, auf der sie aufsitzt, unter den Konsistenzmesser gebracht, welcher sodann langsam auf die Oberfläche des Zementbreies aufgesetzt wird. Wenn der nunmehr der Wirkung seines eigenen Gewichtes überlassene, in den Zementbrei eindringende

Konsistenzmesser mit seinem unteren Ende in einer Höhe von 6 mm über der Bodenfläche stecken bleibt, also der Zeiger des Apparates auf den sechsten Teilstrich der Teilung zeigt, so ist ein Brei von Normalkonsistenz hergestellt.

Gelingt dies beim ersten Versuche nicht, so muß der Wasserzusatz so lange geändert werden, bis ein Brei von der geforderten Konsistenz zustande gebracht wurde. Hat man auf diese Weise den Wasserzusatz für einen Brei von normaler Konsistenz ermittelt, so schreitet man unter Anwendung dieser Konsistenz zur Ermittelung des Erhärtungsbeginnes und der Abbindezeit.

Zu diesem Zwecke wird in dem oben beschriebenen Apparate statt des Konsistenzmessers die Normalnadel, d. i. eine Stahlnadel von 1,13 mm Durchmesser (1 qmm Querschnitt), eingesetzt. Diese Nadel hat dieselbe Länge wie der Konsistenzmesser und hat samt Führungsstab, Scheibe und dem aufzulegenden Ergänzungsgewichte 300 g zu wiegen.

Es wird nun die Dose mit einem Brei von normaler Konsistenz in der vorher beschriebenen Weise gefüllt und die Nadel auf dessen Oberfläche behutsam aufgesetzt, was in kurzen Zeiträumen an verschiedenen Stellen des Kuchens wiederholt wird.

Die Nadel wird anfänglich den Kuchen bis auf die den Boden der Dose bildende Glasplatte durchdringen, bei den späteren Versuchen aber im erhärtenden Brei stecken bleiben.

Den Zeitpunkt, in welchem die Nadel den Kuchen nicht mehr in seiner ganzen Höhe zu durchdringen vermag, nennt man den Erhärtungsbeginn.

Ist der Kuchen endlich so weit erstarrt, daß die Nadel beim Aufsetzen keinen merkbaren Eindruck mehr hinterläßt, so ist der Portlandzement abgebunden, und die Zeit, welche vom Zeitpunkte der Zugabe des Wassers bis zu diesem Zeitpunkte verstreicht, heißt Abbindezeit.

Da das Abbinden von Portlandzement durch die Temperatur der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflußt wird, indem höhere Temperaturen das Abbinden beschleunigen, niedere es dagegen verzögern, so sollen die Abbindeversuche bei einer Temperatur des Wassers und der Luft von 15—18° C vorgenommen werden.

Werden die Abbindeproben jedoch ausnahmsweise unter anderen Verhältnissen vorgenommen, so sind die bezüglichen Wasser- und Lufttemperaturen anzugeben. Während des Abbindens dürfen langsam- und mittelbindende Portlandzemente sich nicht wesentlich erwärmen, dagegen kann raschbindender Portlandzement eine merkliche Temperaturerhöhung aufweisen.

III. Volumenbeständigkeit.

Portlandzement muß sowohl an der Luft als auch unter Wasser volumenbeständig sein.

Bemerkungen.

Portlandzement ist dann als volumenbeständig anzusehen, wenn derselbe, mit Wasser ohne Sandzusatz angemacht, an der Luft oder unter Wasser die beim Abbinden angenommene Form dauernd beibehält.

Erleiden Portlandzemente nach dem Abbinden eine Volumenvergrößerung, welche unter allmählicher Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhanges eine Zerklüftung der Zementmasse herbeiführt und auch mit deren gänzlichem Zerfalle endigen kann, so bezeichnet man diese Erscheinung als „Treiben des Zementes". Der Beginn des Treibens tritt nicht sofort ein, sondern erst in kürzerer oder längerer Zeit nach dem Abbinden.

Ein mit einer solchen Eigenschaft behaftetes Bindemittel gefährdet die damit hergestellten Bauten in bedeutendem Maße; es muß daher vom Portlandzemente die Volumenbeständigkeit gefordert werden.

Da manche Portlandzemente wohl unter Wasser, aber nicht an der Luft volumenbeständig sind und auch das umgekehrte Verhalten nicht ausgeschlossen ist, so ist Portlandzement nach beiden Richtungen hin zu prüfen.

a) Volumenbeständigkeit an der Luft.

Zur Prüfung, ob ein Portlandzement an der Luft volumenbeständig ist, dient die Darrprobe in Verbindung mit der Kuchenprobe unter Wasser.

Die Darrprobe wird in folgender Weise ausgeführt: Man rührt den Portlandzement ohne Sandzusatz mit der bei der Vornahme der Abbindeproben ermittelten Wassermenge zu einem Brei von Normalkonsistenz an, breitet denselben auf ebenen Glas- oder Metallplatten in Kuchen von ca. 10 cm Durchmesser und ca. 1 cm Dicke aus, und hinterlegt dieselben, um die Entstehung von Schwindrissen zu vermeiden, am besten in einem feuchtgehaltenen Kasten, wo die Kuchen vor Zugluft und Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt sind. Nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden,

werden die auf den Metallplatten ruhenden Zementkuchen in einem Trockenschranke einer Temperatur ausgesetzt, welche allmählich von der Lufttemperatur bis auf 120° C gesteigert und auf dieser Höhe durch zwei bis drei Stunden, für alle Fälle aber eine halbe Stunde über den Zeitpunkt hinausgehalten wird, bei welchen ein sichtbares Entweichen von Wasserdämpfen aufgehört hat.

Die Kuchen sollen in dem Trockenkasten nicht vertikal übereinander, sondern treppenförmig nebeneinander geordnet werden.

Zeigen die Kuchen nach dieser Behandlung Verkrümmungen oder mit Verkrümmungen verbundene, gegen die Ränder hin sich erweiternde Risse von radialer Richtung, so sind diese Risse als Treibrisse anzusehen und ist der fragliche Portlandzement als an der Luft nicht volumenbeständig zu bezeichnen. Bei Volumenbeständigkeitsproben an der Luft treten infolge zu raschen Austrocknens durch Volumenverminderung manchmal Rißbildungen auf, welche als Schwindrisse bezeichnet werden und von den Treibrissen wohl zu unterscheiden sind. Die Schwindrisse erscheinen gewöhnlich als gegen die Mitte hin sich erweiternde Risse ohne bestimmte Richtung.

Die durch die Anwesenheit von mehr als 3% wasserfreiem, schwefelsaurem Kalk (oder entsprechendem Gehalt an ungebranntem Gips) verursachte Volumenunbeständigkeit (das sogenannte Gipstreiben) wird jedoch durch die Darrprobe nicht angezeigt, und es ist daher, wenn ein Portlandzement diese Probe besteht, jedenfalls noch das Ergebnis der gleichzeitig vorgenommenen Kuchenprobe unter Wasser, welche einen schädlichen Gehalt an Gips zuverlässig in kurzer Zeit anzeigt, abzuwarten. Fällt auch diese Probe günstig aus, so kann der untersuchte Portlandzement als volumenbeständig an der Luft bezeichnet werden.

b) Volumenbeständigkeit unter Wasser.

Die Untersuchung eines Portlandzementes bezüglich seiner Volumenbeständigkeit unter Wasser erfolgt mittelst eines unter Wasser gelegten Kuchens aus Portlandzement ohne Sandzusatz (Kuchenprobe).

Zu diesem Zwecke wird der Portlandzement mit Wasser zu einem Brei angerührt und auf ebenen Glasplatten zu zwei Kuchen ausgegossen, welche ca. 10 cm Durchmesser haben, in der Mitte ca. 1 cm dick sind und gegen die Ränder hin auslaufen.

Der Wasserzusatz ist hierbei um ca. 1% des Zementgewichtes größer zu nehmen als für die Normalkonsistenz bei den Abbindeproben ermittelt wurde, damit der Brei leichter zu Kuchen auslaufe.

Die so erhaltenen Kuchen werden, um die Entstehung von Schwindrissen zu vermeiden, an einem vor Zugluft und Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützten Orte, am besten in einem feuchtgehaltenen Kasten, aufbewahrt und nach 24 Stunden, jedenfalls aber erst nach erfolgtem Abbinden, samt den Glasplatten unter Wasser gelegt und daselbst durch mindestens 27 Tage belassen.

Zeigen sich während dieser Zeit an den Kuchen Verkrümmungen, oder gegen die Ränder hin sich erweiternde Kantenrisse von mehr oder weniger radialer Richtung, so deutet dies unzweifelhaft auf Treiben des Portlandzementes hin. Bleiben die Kuchen jedoch unverändert, so ist der Portlandzement als unter Wasser volumenbeständig anzusehen.

Zusatz zu a) und b).

Bei zu dünn auslaufenden Rändern der Kuchen, welche bei deren Herstellung zu vermeiden sind, können feine Risse auftreten, welche, wenn die Kuchen eben geblieben sind, nicht Treiberscheinungen, sondern lediglich Spannungs- oder Schwindrisse darstellen.

IV. Feinheit der Mahlung.

Portlandzement soll so fein als möglich gemahlen sein.

Die Feinheit der Mahlung ist mittelst eines Siebes von 4900 Maschen per 1 qcm und 0,05 mm Drahtstärke und eines solchen von 900 Maschen per 1 qcm und 0,10 mm Drahtstärke zu prüfen.

Der Sieberückstand darf auf dem 4900-Maschensieb nicht mehr als 30% und auf dem 900-Maschensieb nicht mehr als 5% betragen.

Bemerkungen.

Da Portlandzement hauptsächlich mit Sand und Schotter verarbeitet wird, die Festigkeit des Zementmörtels sowie sein Anhaftungsvermögen und seine Wasserundurchlässigkeit mit der Feinheit der Mahlung des Zementes wachsen und das Grobe des Mahlgutes die Rolle von Sandzusätzen spielt, so ist

eine möglichst feine Mahlung anzustreben, und die Feinheit derselben mittelst der vorgeschriebenen Siebe einheitlich zu prüfen.

Zu jeder solchen Siebeprobe sind 100 g Portlandzement zu verwenden.

V. Bindekraft.

Die Bindekraft von Portlandzement soll durch Prüfung der Festigkeitsverhältnisse an einer Mischung mit Sand ermittelt werden.

Als normale Mischung gilt das Gemenge von einem Gewichtsteile Portlandzement mit drei Gewichtsteilen Normalsand.

Die Prüfung soll auf Druck- und Zugfestigkeit nach einheitlicher Methode an Probekörpern von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitte und mit richtig konstruierten Apparaten geschehen.

Die Zerreißproben sind an Probekörpern von Geigen-Form, welche an der Bruchfläche 5 qcm Querschnitt (2,25 cm Länge und 2,22 cm Breite) besitzen, die Druckproben an Würfeln von 50 qcm Fläche (7,07 cm Seitenlänge) vorzunehmen.

Sämtliche Probekörper sind die ersten 24 Stunden nach ihrer Anfertigung an der Luft, die übrige Zeit bis zur Probevornahme unter Wasser von 15—18° C aufzubewahren.

Die maßgebende, wertbestimmende Probe ist die Druckprobe nach 28tägiger Erhärtungsdauer; als Kontrolle für die Gleichmäßigkeit der gelieferten Ware dient die Zugprobe nach 7- und 28tägiger Erhärtungsdauer.

Bemerkungen.

Da Portlandzement bei Bauausführungen fast ausschließlich in der Mischung mit Sand verwendet wird, so ist es notwendig, die Bindekraft desselben in einer solchen Mischung zu prüfen.

Als geeignetes Verhältnis werden drei Gewichtsteile Sand zu einem Gewichtsteile Portlandzement angenommen, da hierbei der Grad der Bindefähigkeit bei verschiedenen Portlandzementen in hinreichendem Maße zum Ausdrucke gelangt.

Erfahrungsgemäß übt die chemische und physikalische Beschaffenheit des zur Mörtelmischung verwendeten Sandes einen bedeutenden Einfluß auf die Festigkeitsverhältnisse des Mörtels aus; es ist daher, um zu übereinstimmenden und vergleichbaren Ergebnissen zu gelangen, unbedingt erforderlich, daß zur Erzeugung aller Probekörper für die Bindekraft immer Sand von gleicher Beschaffenheit, Korngröße und gleichem Gewichte zur Anwendung komme.

Dieser Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man möglichst reinen, in der Natur vorkommenden Quarzsand wäscht und trocknet, mittelst eines Siebes von 64 Maschen per 1 qcm und 0,40 mm Drahtstärke die gröbsten Teile ausscheidet und sodann mittelst eines Siebes von 144 Maschen per 1 qcm und 0,30 mm Drahtstärke die feinsten Teile entfernt. Der Rückstand auf dem letzteren Siebe ist der Normalsand.

Das Gewicht dieses Sandes soll im lose eingesiebten Zustande (s. weiter unten) 1740—1760 g per Liter betragen.

Als maßgebende Probe wird die Druckprobe deswegen festgesetzt, weil der Mörtel bei Bauausführungen zumeist auf Druck beansprucht wird und nach den gemachten Erfahrungen das Verhältnis zwischen Zug- und Druckfestigkeit bei verschiedenen Portlandzementen ein verschiedenes ist, somit von der Zugfestigkeit nicht mit Sicherheit auf die Druckfestigkeit geschlossen werden kann. Die Ermittelung der Festigkeit bei der Druckprobe soll erst nach 28tägiger Erhärtung vorgenommen werden, weil bei kürzerer Beobachtungsdauer die Druckfestigkeit eines Portlandzementes nicht genügend zum Ausdrucke kommt.

Von ganz besonderem Werte wäre es, wenn dort, wo dies zu ermöglichen ist, die Festigkeitsproben auf längere Zeit ausgedehnt würden, da es vorkommt, daß Portlandzemente, welche anfangs geringere Festigkeitsziffern ergeben, in späterer Zeit die Festigkeiten anderer Portlandzemente erreichen oder dieselben sogar überholen.

Die Kontrolle über die gleichmäßige Güte des gelieferten Portlandzementes kann in einfacher Weise durch die Erprobung auf Zugfestigkeit vorgenommen werden. Die Zugfestigkeit soll an Probekörpern von 7- und 28tägiger Erhärtung ausgeführt werden, erstere um möglichst bald zu einem Ergebnisse zu gelangen, letztere, um den entsprechenden Fortschritt der Erhärtung kennen zu lernen.

Den Versuchsergebnissen der Festigkeitsproben ist das jeweilige Gewicht des Portlandzementes und des Normalsandes per Liter im lose eingesiebten Zustande beizufügen, zu welchem Zwecke Portlandzement und Sand in ein 1 Liter fassendes zylindrisches Blechgefäß von 10 cm Höhe eingesiebt werden. Hierbei ist das Sieb von 64 Maschen per 1 qcm und 0,40 Drahtstärke zu verwenden und das-

selbe während des Siebens in einer Entfernung von ca. 15 cm über dem oberen Rande des Litergefäßes zu halten.

Das Sieben ist solange fortzusetzen, bis sich ein Kegel gebildet hat, der mit seiner Grundfläche die ganze obere Öffnung des Litergefäßes bedeckt; dieser Kegel ist schließlich mit einem geradlinigen Streicheisen vollkommen eben abzustreichen.

Während der ganzen Dauer dieser Verrichtung ist jede Erschütterung des Litergefäßes sorgfältig zu vermeiden.

VI. Zug- und Druckfestigkeit.

In Normalmörtelmischung sollen Portlandzemente nach 7 Tagen Erhärtung (die ersten 24 Stunden an der Luft, die folgenden 6 Tage Tage unter Wasser) und nach 28 Tagen Erhärtung (die ersten 24 Stunden an der Luft, die folgenden 27 Tage unter Wasser) die nachstehenden Minimalfestigkeiten erreichen.

Kategorie	Erhärtungsdauer	Minimal-	
		Druck-	Zug-
		Festigkeit in kg per qcm	
Langsam und mittel bindende Portlandzemente	nach 7 Tagen	—	—
	„ 28 „	180	18
Rasch bindende Portlandzemente	„ 7 „	—	8
	„ 28 „	120	12

Das Mittel aus den vier besten Ergebnissen von 6 geprüften Körpern hat als die mittlere Festigkeit in der betreffenden Altersklasse zu gelten.

Bemerkungen.

1. Herstellung der Probekörper.

Die Probekörper für die Zug- und Druckfestigkeit sind stets auf maschinellem Wege zu erzeugen.

Für jede Festigkeitsprobe sind per Altersklasse sechs Probekörper herzustellen.

Die vorerst trocken durcheinander gemengte Mischung von Portlandzement und Sand ist mit der weiter unten vorgeschriebenen, bzw. ermittelten Menge Wasser, und zwar vom Zeitpunkte der Wasserzugabe bei rasch bindenden Portlandzementen durch eine Minute, bei mittel oder langsam bindenden Portlandzementen durch drei Minuten, tüchtig durchzuarbeiten und sofort auf einmal in die gehörig gereinigten und mit Wasser benetzten Formen zu füllen; ein nachträgliches Aufbringen von Mörtel ist zu vermeiden.

Die Herstellung der Probekörper muß unter allen Umständen vollendet sein, bevor der Erhärtungsbeginn des Portlandzementes eingetreten ist; es ist daher namentlich bei Raschbindern in dieser Richtung besondere Vorsicht und Sorgfalt geboten.

Um Ergebnisse zu erhalten, welche einen Vergleich der Zug- und Druckfestigkeit zulassen, ist es notwendig, daß die Probekörper für beide Festigkeiten in derselben Konsistenz und mit annähernd derselben Dichte angefertigt werden, was einerseits durch im Verhältnisse zur Trockensubstanz gleichen Wasserzusatz, andererseits durch eine bei der Verdichtung des Mörtels angewendete gleiche Arbeit per Gewichtseinheit der Trockensubstanz erreicht wird.

Zur Ermittelung des richtigen Wasserzusatzes werden 800 g gut gemengter, trockener Normalmörtelmischung mit einer vorläufig angenommenen Wassermenge gleichmäßig angefeuchtet und bei Raschbindern eine Minute, bei Mittel- und Langsambindern drei Minuten lang durchgearbeitet.

Der so gewonnene Mörtel wird auf einmal in die Form des zur Herstellung der Druckprobekörper dienenden Rammapparates gefüllt und durch 150 Schläge eines 3,2 kg schweren Fallgewichtes oder Hammers aus einer Höhe von 0,50 m verdichtet.

Tritt nach ungefähr 100 Schlägen in der Fuge zwischen Form und Aufsatzkasten eine mässige Absonderung von Wasser auf, so gilt dies als Zeichen, daß die Wassermenge richtig gewählt worden

ist. Andernfalls ist der Versuch mit einer jedesmal geänderten Wassermenge bis zur Erreichung dieser Wasserabsonderung zu wiederholen.

Die derart ermittelte Wassermenge gibt die Normalmörtelkonsistenz, mit welcher alle Probekörper anzufertigen sind.

Die Arbeit, welche bei der Erzeugung der Probekörper zu leisten ist, wird mit 0,3 kgm per 1 g Trockensubstanz festgesetzt.

Die Probekörper sind einzeln anzufertigen, und es werden für jeden Probekörper der Druckfestigkeit 800 g, für jeden Probekörper der Zugfestigkeit 200 g trockene Normalmischung mit der auf obige Weise ermittelten Wassermenge angerührt.

Der so erhaltene Normalmörtel wird auf einmal in die mit einem Füllkasten versehene Form gefüllt und mittelst eines genau in die Form passenden Kernes bei den Druckprobekörpern durch 150 Schläge eines aus einer Höhe von 0,50 m fallenden, 3,2 kg schweren Rammklotzes oder Hammers, bei den Zugprobekörpern jedoch durch 120 Schläge eines 0,25 m hoch herabfallenden, 2 kg schweren Rammklotzes oder Hammers, verdichtet. Unmittelbar nach dem letzten Schlag entfernt man den Kern und den Aufsatz des Formkastens, streicht den überschüssigen, die Form überragenden Mörtel mit einem Messer ab, glättet die Oberfläche und nimmt den Probekörper aus der Form, sobald der Mörtel vollständig abgebunden ist.

Die zur Herstellung der Probekörper dienenden Apparate sollen auf fester, nicht federnder Unterlage, am besten auf Mauerwerk ruhen.

Bei genauer Einhaltung obiger Vorschriften und namentlich der auf die Trockensubstanz bezogenen gleichen Arbeit wird sowohl für den Zug- als Druckkörper eine annähernd gleiche Dichte erzielt.

Die Dichte der Probekörper ist sofort nach ihrer Herstellung zu erheben und deren Durchschnittsziffer sowohl bezüglich der Druckprobekörper als auch der Zugprobekörper den Versuchsergebnissen beizufügen.

2. Aufbewahrung der Probekörper.

Nach der Anfertigung sind die Probekörper die ersten 24 Stunden an der Luft, und zwar, um sie vor ungleichmäßiger Austrocknung zu schützen, in einem geschlossenen, feucht gehaltenen Kasten, die übrige Zeit aber, bis unmittelbar vor Ausführung der Proben, unter Wasser von 15—18° C aufzubewahren.

Das Wasser, in welchem dieselben erhärten, ist in den ersten vier Wochen alle acht Tage zu erneuern, und ist darauf zu achten, daß die Probekörper immer von Wasser bedeckt sind. Bei Proben, welche über diese Zeit hinaus aufbewahrt werden, genügt es, das durch Verdunstung verloren gegangene Wasser von Zeit zu Zeit durch frisches Wasser zu ersetzen, so daß die Proben immer vollständig unter der Wasseroberfläche bleiben.

3. Vornahme der Festigkeitsproben.

Die Probekörper sind sofort nach der Entnahme aus dem Wasser zu prüfen. Für jede Altersklasse sind sowohl die Druck- als auch die Zugfestigkeit stets an je sechs Probekörpern zu bestimmen.

Da die Dauer der Belastung bei der Zugprobe von Einfluß auf das Ergebnis ist, so soll bei der Prüfung auf Zugfestigkeit die Zunahme der Belastung während des Versuches 100 g per Sekunde betragen.

Bei dem Einspannen der Probekörper ist darauf zu achten, daß der Zug genau in einer zur Bruchfläche senkrechten Richtung stattfindet.

Bei der Prüfung auf Druckfestigkeit soll, um einheitliche Ergebnisse zu erzielen, der Druck stets auf zwei Seitenflächen der Würfel (im Sinne der Herstellung) ausgeübt werden, nicht aber auf die Bodenfläche und die bearbeitete obere Fläche.

Schlußbemerkung.

Diese für die Prüfung von Portlandzement aufgestellten Bestimmungen können ausschließlich nur zur Prüfung des Portlandzementes verwendet werden.

Die nach diesen Bestimmungen ermittelten Zug- und Druckfestigkeiten geben nur Vergleichswerte für die Kraftentfaltung der verschiedenen Portlandzemente, welche Werte überdies nicht für sich allein, sondern nur unter entsprechender Würdigung aller übrigen Ergebnisse der bestimmungsgemäßen Prüfung zur Beurteilung der Güte eines Portlandzementes benutzt werden dürfen.

Neben Deutschland und Österreich haben ferner Normen für Portlandzement die Vereinigten Staaten von Nordamerika, England, Japan, die Schweiz (zugleich gültig für sämtliche hydraulischen Bindemittel), Rußland usw. Es sei hervorgehoben, daß für alle diese Bestimmungen die zuerst in Deutschland geschaffenen Normen vorbildlich gewesen sind (vgl. die Anm. auf den S. 619—622).

Von **besonderen Eigenschaften** des Portlandzementes bzw. des aus ihm hergestellten Mörtels und Betons, welche in den deutschen Normen keine Berücksichtigung gefunden haben oder hier nur kurz behandelt sind, seien erwähnt:

1. Seine Farbe und Struktur. Das scharfe, harte Pulver hat meist grünlichgraue oder bläulichgraue Färbung; eine bräunliche oder gelbliche Farbe deutet auf zu schwachen Brand oder zu hohen Tongehalt, d. h. minder guten Zement hin. Unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt der Portlandzement kristallinische, schieferartige Blättchen, die (im Gegensatz zu dem stets runden Korn des Romanzementes) immer scharfeckig und -kantig sind. Abgebundener guter Zement sieht aschgrau bis grau aus; auch hier ist eine gelbe Verfärbung Zeichen minderwertigen Erzeugnisses.

2. Die chemische Art des Erstarrens des Portlandzementes ist noch nicht vollkommen aufgeklärt; jedoch steht fest, daß beim Erhärten der Portlandzement Wasser in chemischer Bindung aufnimmt und sich gleichzeitig Kalkhydrat ausscheidet, das beim Erhärten an der Luft zu einem überwiegenden Teile in $CaCO_3$ übergeht. Die Klinker bestehen wahrscheinlich aus einem Konglomerat von Dikalziumsilikat und Trikalziumaluminat (4 : 3), von denen die Hydratisation des ersteren allein das Abbinden bedingt und damit den Vorgang des Erhärtens einleitet, während der zweite Bestandteil für Abbinden und Erhärten von wesentlich geringerer Bedeutung ist.

Während des Abbindens des Zementes soll dieser durchaus der Ruhe überlassen bleiben, damit durch feste Anlagerung der Zementteilchen aneinander und am Sande eine dichte Masse entsteht. Deshalb ist die Erhärtung des Zementes eine weniger gute in bewegtem Wasser und unter Wasserdruck; wenn hier auch die chemische Erhärtung sich angenähert normal vollzieht, so wird doch der physikalische Vorgang des Verkittens mehr oder weniger gestört.

Während des Abbindens und in den ersten Tagen der Erhärtung ist der Zement vor dem Austrocknen zu schützen, da, wie vorerwähnt, Wasser und zwar in erheblicher Menge zu seiner Erhärtung notwendig ist. Diese schreitet schnell vorwärts, namentlich in der ersten Zeit, und findet i. d. R. erst nach Jahren ihren Abschluß. Daß die Festigkeitszunahme an ziemlich gleichbleibende Verhältnisse gebunden ist und man demgemäß eine Normalfestigkeitsprobe nach 28tägiger Erhärtung einführen konnte, wurde schon in den „Normen für Lieferung usw." auf S. 625 hervorgehoben.

Einen weiteren Einfluß auf das Erhärten von Portlandzement üben aus: die Art des Abbindens, an der Luft oder unter Wasser (3) die Mahlung des Zementes (4), endlich die Wassermenge (5) und Beschaffenheit, letztere namentlich in chemischer Hinsicht (6).

3. Mit genügender Menge von Wasser angemacht und ausreichend feucht erhalten, erhärtet der Zementmörtel auch an der Luft, und zwar i. d. R. sogar besser als unter Wasser. Wenn auch Zementmörtel, der an der Luft erhärtet, hierbei durch etwaige Aufnahme von Regenwasser zunächst etwas in seiner Festigkeit zurückgeht, so nimmt er doch hieran nach dem Austrocknen wieder besonders rasch zu.

4. Je feiner die Zementmahlung ist, um so günstiger werden der Abbinde- und Erhärtungsvorgang beeinflußt werden, weil alsdann die einzelnen Zementteilchen der Einwirkung des Wassers besser und gleichmäßiger ausgesetzt sind. Hierbei ist aller-

dings zu berücksichtigen, daß die feine Mahlung nicht immer als ein Zeichen besonderer Güte des Zementes anzusehen ist, weil weichere, weniger gute Zemente, sich naturgemäß leichter fein mahlen lassen als härtere, bessere; auch sei hervorgehoben, daß die Feinheit der Mahlung immerhin dadurch begrenzt wird, daß sehr feine Zemente leicht knollig und stückig werden und auch Zementmörtel an der Luft, besonders in fetter Mischung, um so eher Schwindrisse zeigt, je feiner die Mahlung ist.

5. Zement erlangt im allgemeinen eine um so größere Festigkeit, je geringer die Menge seines Anmachewassers ist, ein Gesetz, das sowohl für Mörtel als auch für Beton gilt, aber voraussetzt, daß überhaupt soviel Anmachewasser verwendet wird, daß ein gutes Durcharbeiten möglich ist und sich hierbei — gleichwie beim Stampfen — Wasser auf der Oberfläche bildet. Daß Mörtel usw., mit überflüssig viel Wasser angemengt, zu weniger dichtem Gefüge führt, erklärt sich daraus, daß hier das im Inneren verbleibende Mehr an Wasser beim Erhärten verdunsten muß und somit Poren zurückläßt; dementsprechend nimmt auch die Festigkeit mit vergrößertem Wassergehalte ab. Einen Überblick über diese Verhältnisse gewärt die nachfolgende Zusammenstellung[1]):

Erhärtungsdauer	Anmenge-Wassermenge 10 % Zug-Festigkeit in kg/qcm	10 % Druck-Festigkeit in kg/qcm	12 % Zug-Festigkeit in kg/qcm	12 % Druck-Festigkeit in kg/qcm	15 % Zug-Festigkeit in kg/qcm	15 % Druck-Festigkeit in kg/qcm
7 Tage	20,0	203	13,8	108	10,0	55
28 „	26,1	285	22,9	160	18,3	100
90 „	28,6	355	25,8	208	23,0	150
180 „	32,1	380	26,8	225	22,6	170

Es zeigt sich der sehr erhebliche Einfluß des Wassers namentlich auf die Druckfestigkeit; es bedarf längerer Zeit, ehe ein mit viel Wasser angemachter Mörtel eine ausreichende Druckfestigkeit erlangt.

6. In gleichem Maße wirkt auch die chemische Beschaffenheit des Wassers auf die Erhärtung und Festigkeit, namentlich auf die dauernde Bewährung von Mörtel und Beton aus Portlandzement ein. Für praktische Verhältnisse kommt hierfür die Verwendung von Portlandzement zu Bauten im Seewasser in erster Linie in Frage[2]). Hier ist nicht selten die Zerstörung der Bauten innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Zeit beobachtet worden, wobei allerdings meist nicht der Portlandzement als solcher, sondern fehlerhafte Konstruktion der Bauwerke, unrichtige oder unzweckmäßige Mischungen, mangelhaftes Einbringen von Beton oder Mörtel unter Wasser usw. die Schuld tragen. Neben den chemischen Einflüssen des Meerwassers auf den Zement, wobei namentlich die Einwirkung von Chlormagnesium und Magnesiumsulfat[3]) in Frage zu ziehen ist, wirkt,

[1]) Diese Tabelle ist entnommen aus: Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen verfaßt im Auftrage des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten von F. W. Büsing und Dr. C. Schumann. 3. Auflage. Berlin 1905. S. 24. — 4. Auflage. Berlin 1912. S. 27. Komm.-Verl. Deutsche Bauzeitung. — Zu den hier angeführten Versuchen war gewöhnlicher Mauersand verwendet.

[2]) Vergl. u. a.: Der Portlandzement auf Grund chemischer und petrographischer Forschung von Dr. O. Schmidt in Stuttgart. Verlag: Konrad Wittmann in Stuttgart. 1906.

[3]) Diese Einwirkung erstreckt sich vornehmlich auf das im Zement enthaltene Kalkhydroxyd und die Aluminate. In Verbindung mit Kalk bilden sich chlorkalziumhaltige Lösungen, die etwa vorhandenen freien Kalk weit schneller und gewaltsamer als reines Wasser ablöschen und hierbei zur Entstehung

wie R. Dyckerhoff nachgewiesen, die größere oder geringere Dichte des Zementmörtels bzw. Betons in sehr erheblichem Maße ein; demgemäß sind im allgemeinen magere Mörtel usw. für Seebauten nicht geeignet und hier nur fette zur Verwendung zu bringen (1:2). Daneben ist man bestrebt, den Gehalt des erhärteten Zementes an Tonerde und Kalkhydrat zu vermindern, da erstere zu Treiberscheinungen[1]) führen kann, letzteres durch Meerwasser am schnellsten angegriffen wird. Als tonerdearme Zemente werden (nach Anregungen von Dr. Michaëlis) die „Erzzemente" empfohlen, die sich bisher bei den auf der Insel Sylt[2]) im großen ausgeführten praktischen Versuchen auch gut bewährt haben, während zur Verminderung des Gehaltes an Kalkhydrat das Zumischen von Stoffen zweckdienlich ist, welche, reich an reaktionsfähiger Kieselsäure, den Kalk in kieselsauren Kalk überführen können. Als ein derartiger Stoff ist in erster Linie Traß, daneben — untergeordnet — Hochofenschlacke zu nennen, wenn auch mit ersterer Zumischung eine ziemlich große Menge von Anmachewasser bedingt ist. Auch bei den auf Sylt vorgenommenen, von den Staatsbehörden und den Interessenten gemeinsam durchgeführten, großzügigen Versuchen über die Bewährung von Portlandzement im Meerwasser und die zweckmäßigen Zusätze[3]) hat sich gezeigt, daß unter bestimmten Verhältnissen eine Verbesserung des Zementmörtels durch Traßzusatz erreicht werden kann; dies haben namentlich die Betonkörper fetter, d. h. in Seewasser normaler Mischung erkennen lassen, welche dem freien Meere durch 5 Jahre hindurch ausgesetzt waren, bei denen also eine dauernd gleichstarke chemische Einwirkung stattfand. Zu dem gleichen Ergebnisse gelangten auch die im Jahre 1898 abgeschlossenen Vorversuche zu den heute noch nicht beendeten Hauptversuchen auf Sylt[4]).

7. Die Volumbeständigkeit des Portlandzementes (vgl. S. 624) ist bei richtiger Zusammensetzung und guter Herstellung bei den deutschen Erzeugnissen eine durchaus

feiner Risse führen können. Hierdurch erklärt es sich u. a., daß frisch hergestellte Versuchskörper, in Meerwasser oder Chlorkalziumlösungen gebracht, schon durch ganz geringe Mengen von freiem Kalk zerstört werden können.

[1]) Magnesiumsulfat bewirkt in Zement eine Abscheidung von Magnesiumhydrat und die Bildung von Kalziumsulfat, das zu Treiberscheinungen Veranlassung geben kann. Diese Gefahr besteht namentlich bei Zementen, welche neben hohem Tonerdegehalt hohen Kalkgehalt aufweisen. (Dr. Schmidt, Anm. 2, S. 637).

[2]) Vergl. weiter unten.

[3]) Vergl. Protokoll der Verhandlungen des Vereins Deutscher Portlandzementfabrikanten. 1910. S. 174 u. ff., sowie Heft 5 und 6 der Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde-West. 1909.

[4]) Vergl. hierzu die Ausführungen von Gary in den Mitteilungen aus den Kgl. technischen Versuchsanstalten 1900. Ergänzungsheft 1 und die Protokolle des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten 1900 und 1901.

In dem Werke von Schumann und Büsing (3. Auflage) sind die Erfahrungen, die bei diesen Vorversuchen mit dem Traßzusatze gemacht wurden, folgendermaßen zusammengefaßt:

„Bei Erhärtung in Seewasser ist die Festigkeit der Zement-Traßmörtel nach 7 Tagen erheblich geringer als die der Mörtel ohne Zuschläge. Schon nach einem Monat überholen indessen die Mörtel mit Traßzuschlag die Zugfestigkeit des reinen Zementmörtels, während die Druckfestigkeit der Traßmörtel noch hinter der der reinen Zementmörtel zurückbleibt, wenn sie ihr auch nach einem Jahre schon sehr nahe kommt. Bei Erhärten der Zementtraßmörtel in Seewasser wird die Festigkeit der Zugprobekörper mehr verbessert als die der Druckprobekörper. Die Oberflächen scheinen härter zu sein als der Kern. Nun sind die kleineren Zugprobekörper der Einwirkung des Seewassers in höherem Maße ausgesetzt als die größeren Druckprobekörper; der stärkeren Wirkung des Seewassers entspricht also bei den Zementtraßmörteln eine Erhöhung der Festigkeit. Es erscheint möglich, durch Zusätze von Traß innerhalb gewisser Grenzen zu Portlandzementen diese für die Benutzung im Seewasser geeigneter zu machen". (4. Auflage. S. 44.)

sichere. Die geringen Anfangsspannungen, welche sich durch den Abbindevorgang und die diesen begleitende Formänderung in Mörtel und Beton zeigen, sind so gering, daß sie in der Praxis nicht berücksichtigt zu werden brauchen; sie sind dadurch bedingt, daß Portlandzementmörtel usw., in Wasser erhärtend, sich ausdehnt, also sein Volumen vergrößert, während bei Lufterhärtung ein Zusammenziehen, ein Schwinden eintritt. Diese Verhältnisse sind nicht unwichtig zur Erklärung mancher Erscheinungen im Gebiete des Eisenbetonbaues (z. B. der scheinbar vergrößerten Dehnung bewehrten Betons gegenüber unbewehrten), da hier durch die Eiseneinlagen, die beim Abbinden keinerlei Formänderung erfahren, infolge der Haftung zwischen Beton und Eisen in Mitleidenschaft gezogen und somit selbst in Spannung versetzt werden, hierbei aber die Formänderungen des Betons vermindern[1]).

Nach Versuchen von C. Schumann[2]) ergibt sich, daß die Ausdehnung der Zementmörtel usw. bei Wassererhärtung zu derselben Zeit am stärksten ist, in der die Festigkeitszunahme am größten ist, daß also diese Ausdehnungserscheinungen grundverschieden von dem „Treiben" (vgl. unten) des Zementes sind. Die Ausdehnung des Zementes ist nach 1 Jahr als beendet anzusehen und kann durch Sand erheblich verringert werden, beträgt z. B. bei 1 : 3 nur rd. 25 v. H. der Formänderung von reinem Zementmörtel. In gleichem Sinne günstig wirkt auch der Zusatz von Sand auf die Schwindgröße des Zementes ein, indem diese, absolut betrachtet, verringert wird, dann aber auch sich durchaus gleichmäßig stellt. C. Schumann bemerkt mit Recht[3]), daß erst durch Zusatz von Sand zum Portlandzement in diesem Sinne die Wetterbeständigkeit des Mörtels erreicht wird.

Auf die Bildung der Schwindrisse — hervorgerufen durch stärkeres und schnelleres Zusammentrocknen der Oberfläche gegenüber dem Kern und hierdurch bedingte innere Spannungen — wirken befördernd ein ein schneller Wechsel zwischen Trockenheit und Durchfeuchtung des Mörtels, also zwischen Zusammenziehen und Ausdehnen, u. U. noch erheblich unterstützt durch die sprengende Wirkung des in den Rissen gefrierenden Wassers.

Nach Versuchen von C. Schumann zeigt sich, daß ein Mörtelprisma (1 : 3) von 100 mm Länge und 800 qmm Querschnitt an der Luft nach 4 Wochen um rd. 0,043, nach 1 Jahre um 0,06 mm sich verkürzt hat und daß die Verkürzungen, welche zum Vergleiche herangezogene hydraulische Kalke, Puzzolanzemente, Traßkalke ergaben, größer als die des Zementmörtels gefunden wurden. Auch zeigte sich, daß Zementbeton 1 Zement : 2 Sand : 4 Kies sein Volumen nach 4 Wochen nicht mehr änderte und die absolute Größe der Formänderung etwa nur 60 v. H. der des Zementes 1 : 3 betrug.

Wie schon oben erwähnt wurde, ist die Erscheinung des Treibens des Zementes von der vorbehandelten geringen Formänderung grundverschieden; abgesehen davon, daß letztere bei Treiben sehr groß ist, und nicht selten infolge großer Kraftleistung den ganzen Zusammenhang des Zementmörtels oder Betons aufhebt, tritt sie auch erst bei oder nach Eintritt der Erhärtung dieses, oft sogar nach Jahren ein. Im allgemeinen zeigt sich ein Treiben unter Wasser schneller als an der Luft; es ist bei den auf S. 624

---

[1]) Auf solche Weise werden z. B. bei Eisenbetonkörpern und Abbinden in Wasser im Beton Druck-, im Eisen Zug- Anfangsspannungen erzeugt, während beim Abbinden in der Luft das Entgegengesetzte eintritt.

In ähnlicher Weise sind auch die Spannungen wirksam, welche im Beton durch seine erstmalige Belastung und die hierbei eintretende bleibende Formänderung ausgelöst werden.

[2]) Vergl. Büsing und Schumann. 3. Aufl. S. 27 u. ff.

[3]) Vergl. sein Werk S. 30, 3. Auflage.

erwähnten Probekuchen deutlich als solches an den vom Rande nach der Mitte zu verlaufenden, am Rande am meisten geöffneten Rissen erkennbar[1]), mit denen vielfach zugleich ein Aufkrempeln der Außenkanten der Kuchen verbunden ist. Das Treiben des Zementes liegt stets in Herstellungsfehlern und kommt demgemäß bei dem heutigen einwandfreien Verfahren bei guten Rohmaterialien kaum mehr vor; namentlich können hier eine Ungleichmäßigkeit des Brennprozesses, besonders ein nicht genügend hohes Brennen einzelner Kalkteile und die alsdann später eintretende Umwandlung in Kalkhydrat durch das Anmachewasser, sowie ein zu hoher Gipsgehalt eine gefährliche Rolle spielen; hier tritt das Treiben i. d. R. nach Tagen, zum mindesten nach Wochen ein. Erheblich ungünstiger in dieser Hinsicht sind Zemente mit größerem Magnesiagehalt, indem hier das Treiben erst nach Jahr und Tag sich zeigt. Hier reicht also auch die Normenprobe (S. 624) nicht aus zur Erkennung der Schädlichkeit des Zementes, wenn auch aus dem ganzen i. d. R. anormalen Verhalten solcher Zemente beim Erhärten (Ausdehnung, Festigkeitszunahme) auf ein mit Vorsicht zu verwendendes Bindemittel geschlossen werden kann. Nach Erfahrungen schadet ein Magnesiagehalt von $\leqq 3$ v. H. durchaus nichts; es ist also zur Sicherheit die Bedingung zu stellen, daß ein höherer Gehalt an Magnesia als 3 v. H. nicht zugelassen wird, dessen Kontrolle durch die chemische quantitative Analyse zu erbringen ist[2]).

8. Die elastischen und Festigkeitsverhältnisse des Zementmörtels und Zementbetons.

A. Elastische Verhältnisse.

Die Elastizitätszahlen von Zementmörtel und -Beton sind verschieden, je nachdem der Art der Beanspruchung, auf Druck oder Zug und deren Größe; sie sie sind also abhängig von der Spannung und zwar nehmen sie mit deren Vergrößerung ab. Auch zeigt sich keine Proportionalität zwischen Last- und Formänderung. Nach Aufhören der Last verbleibt stets eine dauernde Formänderung, die bei öfterer Wiederholung der Belastung keine erhebliche Zunahme mehr erfährt und als bleibend angesehen werden kann. Aus Versuchen von v. Bach wurde für Druckbeanspruchung des Zementmörtels und -Betons das Elastizitätsgesetz abgeleitet:

$$\alpha = \frac{1}{E_{b\,Dr}} \sigma^m,$$

worin α die Formänderung für die Längeneinheit und $E_{b\,Dr}$ die Elastizitätszahl für Druckbelastung, m eine Materialkonstante darstellen. Die Versuche lieferten die nachstehenden Zahlenergebnisse:

a) Zementmörtel.

	$E_{b\,Dr}$		m
1. reiner Zementmörtel	250000	kg/qcm	1,09
2. 1 Zement : 1,5 Sand	356000	„	1,11
3. 1 „ : 3 „	315000	„	1,15
4. 1 „ : 4,5 „	230000	„	1,17

[1]) Mit Schwindrissen sind diese Treibrisse nicht zu verwechseln, weil erstere von der Mitte aus gehen, auch sich schon während des Abbindens bilden und zudem meist unregelmäßige in sich selbst verlaufende Kurven zeigen, während Treibrisse angenähert radial gerichtet zu sein pflegen, vgl. auch S. 631 u. ff.

[2]) Im Gegensatze zum Gehalt an schädlichem Kalk, der i. d. R. auf nicht ausreichend hohen Brand zurückzuführen ist, ist bei einem höheren Magnesiagehalt als 3 v. H. gerade der schärfere Brand besonders gefährlich, während bei weniger hoch gebrannten, derartigen Zementen die Gefahr des Treibens nicht besonders groß ist.

b) Beton.

5.	1 Zement	: 2,5	Sand	: 5	Kies	298000 „	1,145
6.	1 „	: 5	„	: 6	„	280000 „	1,137
7.	1 „	: 5	„	: 10	„	217000 „	1,157
8.	1 „	: 2,5	„	: 5	Kalksteinschotter	457000 „	1,157
9.	1 „	: 5	„	: 6	„	380000 „	1,167
10.	1 „	: 5	„	: 10	„	376000 „	1,207

Aus dieser Zusammenstellung zeigt sich, daß m mit dem Gehalte an Füllmaterial wächst, aber nicht weit entfernt von 1,0 liegt und demgemäß mit ausreichender Genauigkeit, wie dies in der Praxis mit Recht allgemein eingeführt ist, = 1 gesetzt werden kann; ferner ergibt sich, daß sich die Werte von $E_{b\,Dr}$ angenähert wie die Raumgewichte verhalten.

Inwieweit die **Zahl** $E_{b\,Dr}$, alsdann auch $E_{b\,z}$ = der Elastizitätszahl bei Zugbelastung von der Spannung, daneben auch von der Höhe des Wasserzusatzes[1]) abhängig sind und zudem im Laufe der Zeit zunehmen, lassen die 5 nachfolgenden Zusammenstellungen deutlich erkennen; die erste (I) von ihnen rührt von Versuchen von v. Bach mit einem 77 Tage alten Beton aus 1 RT. Zement + 2,5 RT. Sand + 5 RT. Kies her, die zweite (II) entstammt Untersuchungen von E. Probst (10 v. H. Wassergehalt, 300 kg Zement auf 1 cbm fertigen Betons, Erhärtungsdauer 62 Tage), die dritte (III) ist Untersuchungen von v. Bach mit Eisenbetonprismen und Spannungen von 16—115 kg/qcm entlehnt und läßt erkennen, daß durch Eiseneinlagen die elastischen Beziehungen des Betons bei normaler Druckbelastung keine Änderung erfahren, während die beiden letzten Tabellen (IV u. V) Versuchsergebnisse von Mörsch (Weiß & Freytag, Neustadt a. d. H.) wiedergeben und besonders für die Verwendung des Zementes für Eisenbetonbauten von grundlegender Bedeutung geworden sind.

I.

σ =	0—7,9;	7,9—15,8;	15,8—23,7;	23,7—31,6;	31,6—39,5 kg/qcm,
$E_{b\,Dr}$ =	306000;	256000;	226000;	212000;	194000 „ .

II.

σ =	13,7	20,3	27,1	33,9	40,6	47,6	54,0	60,8	67,5	kg/qcm,
$E_{b\,Dr}$ =	315000	254000	204000	189000	185800	185500	147000	139000	139000	„ .

III.

Versuchskörper				$E_{b\,Dr}$ in kg/qcm
Reines Betonprisma				280000—174800
Betonprisma mit Eiseneinlagen			I	317800—207400
„	„	„	II	314500—194800
„	„	„	III	332900—239500
„	„	„	IV	331300—232800
„	„	„	V	393500—272400

[1]) Vergl. hierzu auch die Versuche von v. Bach, welche bei der Besprechung der Druckfestigkeit des Betons weiter unten angeführt sind.

IV.

σ in kg/qcm	Mischung 1:3			Mischung 1:4	
	$E_{b\,Dr}$ in kg/qcm bei einem Wasserzusatz von				
	8%	14%		8%	14%
	nach 3 Monaten	nach 3 Monaten	nach 2 Jahren	nach 3 Monaten	nach 3 Monaten
3,0	300 000	272 000	—	273 000	250 000
6,1	290 000	265 000	305 000	265 000	226 000
9,2	287 000	260 000	—	257 000	219 000
12,2	284 000	254 000	290 000	250 000	215 000
15,3	278 000	246 000	—	247 000	210 000
18,3	273 000	241 000	286 000	241 000	203 000
24,5	266 000	235 000	283 000	235 000	198 000
30,6	261 000	227 000	280 000	230 000	191 000
36,8	257 000	222 000	278 000	225 000	185 000
49,0	247 000	216 000	272 000	218 000	177 000
61,3	240 000	209 000	268 000	211 000	170 000
73,7	—	—	263 000	—	—
86,0	—	—	257 000	—	—

V.

Zugspannung in kg/qcm	Mischung 1:3			Mischung 1:4	
	$E_{b\,z}$ in kg/qcm bei einem Wassergehalt von				
	8%	14%		8%	14%
	nach 3 Monaten	nach 3 Monaten	nach 2 Jahren	nach 3 Monaten	nach 3 Monaten
1,6	267 000	230 000	390 000	266 000	250 000
3,1	238 000	207 000	316 000	240 000	226 000
4,6	230 000	200 000	311 000	224 000	200 000
6,2	221 000	194 000	310 000	200 000	194 000
7,7	203 000	175 000	308 000	190 000	—
9,2	196 000	—	303 000	—	—
10,8	Zugfestigkeit	Zugfestigkeit	303 000	Zugfestigkeit	Zugfestigkeit
12,3	12,6 kg/qcm	10,5 kg/qcm	301 000	9,2 kg/qcm	8,8 kg/qcm
13,8			298 000		
			Zugfestigkeit 15,8 kg/qcm		

Soweit diese Zahlenergebnisse erkennen lassen, geht die Elastizitätszahl mit ver-vergrößerter Spannung sehr erheblich zurück, sinkt auch mit steigendem Wasserzusatz, wenn auch nicht proportional und überhaupt wenig erheblich, und nimmt, sowohl auf Druck als auch auf Zug im Laufe der Zeit bedeutend zu, letzteres namentlich bei Zugbelastung.

Aus allen voranstehenden Zahlen ergibt sich, daß für die Verhältnisse der baulichen Praxis und die hier innegehaltenen, bzw. durch Bestimmungen zuge-

lassenen Spannungen für $E_{b\,Dr.}$ ein konstanter Mittelwert von etwa 220000 kg/qcm angenommen werden kann, d. h. etwa $\frac{1}{10}$ des Elastizitätsmaßes von Flußeisen; in demselben Sinne kann für $E_{b\,z}$ die Größe von rd. 150000 kg/qcm $= \frac{1}{15}$ der gleichen Zahl bei Flußeisen Verwendung finden. Es ist aber selbstverständlich, daß bei höheren Spannungen, also z. B. bei Bruchversuchen und deren Ausmittelung erheblich geringere Werte von $E_{b\,Dr}$ und $E_{b\,z}$ in Anwendung kommen müssen, da beide Zahlen, wie voranstehend gezeigt wurde, sehr stark mit zunehmender Spannung fallen; hier empfehlen sich etwa Größen von 100000 kg/qcm für $E_{b\,Dr}$ und 25000 kg/qcm für $E_{b\,z}$.

Eine eigentliche Elastizitätsgrenze gibt es beim Beton nicht; es hat sich nur — namentlich aus den v. Bachschen Versuchen — gezeigt, daß es eine Grenze gibt, unter der man die (Druck)-Beanspruchung wiederholen darf, ohne daß die beim ersten Belasten eingetretene Formänderung sich erheblich vergrößert; diese Zahl, die Grenze der ständigen Tragfähigkeit, erweist sich im allgemeinen gleich einem Drittel der Bruchbelastung. Da i. d. R. die Sicherheit, mit der Beton beansprucht wird, größer ist als dreifach, so ist mithin auch keine Gefahr vorhanden, daß weitere Formänderungen dauernder Art, als sie durch die erste Belastung bedingt werden, späterhin eintreten.

Die zuerst von Considère i. J. 1899 [1]) aufgestellte Theorie, daß der Beton durch seine Vereinigung mit Eisen, also in Verbundkonstruktionen, in der Art erheblich in seinem elastischen Verhalten beeinflußt würde, daß er, auf Zug beansprucht, vielfach größere Dehnung auszuhalten vermöge als ohne Eisenbewehrung, ist durch weitere, namentlich deutsche Versuche als nicht zutreffend erwiesen worden [2]). Hier zeigte sich, daß — wie auch zu erwarten stand — durch die rein mechanische Vereinigung von Eisen und Beton im Verbundbau die elastischen Eigenschaften des Betons nicht beeinflußt werden, daß aber der Zeitpunkt des Eintrittes der Bruchdehnung um so weiter herausgeschoben wird, je höher die Bewehrung ist. Auch gab sich durch die v. Bachschen Versuche zu erkennen, daß dem Eintritte feinster Haarrisse stets bei gebogenen Körpern die Ausbildnng von Wasserflecken vorangeht, welche erkennen lassen, daß der Zusammenhang des Betons begonnen hat, sich zu lockern. Naturgemäß ist bei derartigen Elastizitätsuntersuchungen auch genau darauf zu achten, daß der Probekörper spannungslos ist, bzw. es sind etwa aus Anfangsspannungen bereits vorhandene Formänderungsgrößen in Berücksichtigung zu ziehen.

B. Festigkeitsverhältnisse.

Über die verlangte **Druckfestigkeit** von Zementmörtel (1 : 3) und Beton geben die betr. Bestimmungen auf den S. 625 u. 626 Auskunft. Anschließend sei darauf hingewiesen, daß nach 4 Wochen Erhärtung im allgemeinen Druckfestigkeiten von 200—250 kg/qcm erwartet werden können, und daß diese Zahl im Laufe der Zeit noch sehr erheblich steigt. Daneben haben vorwiegend auf die Größe der Festigkeit Einfluß die Güte und Reinheit der Rohmaterialien, die Dauer ihrer Zusammenmischung, die Höhe des Wasserzusatzes, die Art der Herstellung von Beton und Mörtel und deren Nachbehandlung.

---

[1]) Vergl. Génie civil 1899. Nr. 1—17, sowie die weiteren Veröffentlichungen einer französischen Regierungskommission über diese Frage, behandelt u. a. in Beton und Eisen 1903. V. S. 291 und 1905. III. S. 58. V. S. 124.

[2]) Vergl. die Arbeiten von Kleinlogel, Bach, Rudeloff u. a., die in der Literatur-Nachweisung aufgeführt sind.

Die nachfolgenden Zusammenstellungen lassen die Einwirkung der oben angegebenen Faktoren im einzelnen erkennen:

a) Einwirkung der Erhärtungszeit.

α) Zunahme der Druckfestigkeit des Betons, beobachtet beim Bau der Munderkinger Brücke.

Mischung 1 : 2,5 : 5.

Erhärtungszeit	7 Tage	28 Tage	5 Monate	2 Jahre	9 Jahre	
σ_{bd} = Würfelbruchfestigkeit	202	254	332	520	570	kg/qcm.

β) Versuche von v. Bach (3. Teil der Mitteilungen über Druckelastizität und Druckfestigkeit von Betonkörpern mit verschiedenem Wasserzusatz).

Mischung 1 : 2,5 : 5. Druckfestigkeit in kg/qcm nach					Mischung 1 : 4 : 8 Druckfestigkeit in kg/qcm nach				
	28 Tg.	100 Tg.	2 Jahr.	6 Jahr.		28 Tg.	100 Tg.	2 Jahr.	6 Jahr.
Mörtel	337	433	568	604	Mörtel	223	256	318	428
Beton	317	348	484	569	Beton	251	268	387	474

γ) Versuche, in gleichem Sinne ausgeführt in der Berliner Materialprüfungsanstalt[1]).

Mischung	Alter 7 Tage	28 Tage	3 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	
1 : 3	—	219,0	264,0	291	293	—	308	kg/qcm.
1 : 4	125,4	163,8	215,8	—	283	316	320	
1 : 5	69,7	101,4	140,4	—	180	194	205	

b) Versuche über die Abhängigkeit der Druck-(Mörtel-)Festigkeit vom Wassergehalte der Mischung:

α) Versuche der Berliner Materialprüfungsanstalt[2]).

1. Mörtel.

Alter der Probewürfel 3 Monat.

Mischung	Wassergehalt in v. H.	σ_{bd} kg/qcm
1 : 1	9,2	421
1 : 2	6,0	360
1 : 3	4,5	282

2. Beton.

Würfel von 20 cm Seite — Alter 3 Monat.

(Zugleich Versuche über den Einfluß der Menge der Zuschlagsstoffe und deren Art.)

Reihe I.

Mörtelmischung	1 : 1				1 : 2				1 : 3	
Schotterzusatz	2 Kies	3 Kies	4 Kies	2 Granit	4 Kies	5 Kies	4 Granit	5 Granit	6 Kies	6 Granit
Wassergehalt in v. H.	9,2	9,2	9,2	9,2	6,0	6,0	6,0	6,0	4,5	4,5
σ_{bd} kg/qcm	261	293	277	343	266	284	205	293	227	269

[1]) Vergl. u. a. Beton und Eisen. 1906. H. IV. S. 102. Es ist stets das Mittel aus 10 Einzelversuchen angeführt. Die Erhärtung der Proben 1 : 4 und 1 : 5 fand normenmäßig statt, hingegen waren die Proben 1 : 3 einen Tag an der Luft, alsdann unter Seewasser erhärtet.

[2]) Vergl. Berliner Mitteilungen 1903. H. IV. S. 111 von H. Burchartz.

Reihe II.
Alter der Probekörper 28 Tage.

Mörtelmischung	1:1			1:2	
Zusatz an Steinschlag	2	3	4	4	5
Wassergehalt in v. H.	12	13	13	9,1	9,1
$\sigma_{b\,d}$ in kg/qcm	374	358	304	287	259

β) Versuche von v. Bach mit erdfeuchtem, plastischem und weichem Beton. Von diesen drei, nur durch den Gehalt an Wasser verschiedenen Mischungen enthält der „plastische" Beton etwa 25 v. H. Wasser mehr (5,5 v. H.) als der erstere (4,4 v. H.), während die weiche Art mit 6,10 v. H. den erdfeuchten Beton um rd. 40 v. H. an Wassermenge übertrifft. Die Versuche lassen erkennen, daß die Erhöhung des Wassergehaltes in den obigen Grenzen vielfach keinen sicher festzustellenden Einfluß auf die Festigkeit besitzt, daß hierbei also notwendigerweise keine Änderung in den wichtigsten Eigenschaften des Betons bedingt zu sein braucht. Von größerer Wichtigkeit ist hingegen das Versuchsergebnis, daß — in bezug auf die Festigkeit — sich große Abweichungen zwischen dem von Hand aus gemischten und dem mit Maschinen zubereiteten Betonergeben, und daß eine wichtige Grundlage für die Güte des Betons in einer guten maschinellen Mischung liegt; gegenüber diesen Verhältnissen kommt die Schwankung zwischen der Druckfestigkeit von erdfeuchtem bzw. plastischem bzw. weichem Beton weniger in Betracht, wenn auch dargetan wird, daß bei geeigneter Zusammensetzung des Betons die geringste Wassermenge, welche zur Herstellung von Stampfbeton gerade noch ausreicht, die größere Festigkeit liefert. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß, je geringer der Wassergehalt des Betons ist, um so schwieriger seine Herstellung und Verarbeitung wird; hier dürfen nur geschulte Arbeiter Verwendung finden, während bei einem höheren Wasserzusatz selbst bei weniger geübten Hilfskräften die Sicherheit eine größere ist, daß der Beton durchgehend gleichartig ausfällt.

Wenn somit der Gehalt an Wasser auf die endgültige Druckfestigkeist des Betons keinen allzu bestimmenden Einfluß ausübt, so zeigen sich doch im Erhärtungsvorgange selbst Unterschiede, indem der weniger druckfeste, hoch wasserhaltige Beton vielfach an Festigkeit rascher zunimmt als der erdfeuchte, Unterschiede, die nach längerer Zeit aber wieder verschwinden. Jedenfalls ist dem erdfeuchten Beton im allgemeinen keine Vorzugsstellung einzuräumen, um so weniger, als die feuchter gehaltene Masse zu ihrer Herstellung gegenüber einem trockenen Beton nur rd. $^2/_3$ des Arbeitsaufwandes verlangt; Genaueres vgl. in den v. Bachschen Veröffentlichungen[1]).

γ) Versuche des deutschen Beton-Vereins[2]):

Obwohl hier im allgemeinen der Einfluß der Stampfarbeit bei der Betonherstellung auf dessen Festigkeit ergründet werden sollte (vgl. Anm. 1 auf S. 647), liefern die Ergebnisse doch auch dafür einen weiteren Beweis, daß die Proben mit höherem Wasser-

[1]) Mitteilungen über die Druckelastizität und Druckfestigkeit von Betonkörpern mit verschiedenem Wasserzusatz I, II, III. Stuttgart. Karl Grüninger.

[2]) Vergl. D. B. (Zement). 1906. Nr. 11. S. 43., vgl. auch die Tabelle auf S. 637.

zusatze eine im allgemeinen geringere Festigkeit besitzen; auch zeigt sich hier wiederum die große Überlegenheit der Maschinenmischung gegenüber der Herstellung durch Hand.

δ) Versuche von Burchartz[1]) mit der für Eisenbetonbauten normalen Mischung von 1 : 4 und einem Wassergehalte von 7,5 bzw. 12,0 v. H. Die ermittelten Druckfestigkeiten ergaben sich im Mittel zu 204 und 131 kg/qcm, zeigen also einen erheblichen Abfall. Ähnliche Verhältnisse ergaben auch viele neuere, anläßlich der ausgedehnten Versuche mit Eisenbetonprobekörpern durchgeführte normale Festigkeitsprüfungen des verwendeten Betons — vgl. namentlich die aus der Stuttgarter Material-Prüfungsanstalt hervorgegangenen v. Bach'schen Arbeiten.

Was die Wahl des Wassergehaltes des Betons in der baulichen Praxis anbelangt, so ist hier scharf zu trennen zwischen der Verwendung dieses Stoffes im Eisenbetonbau und zu Beton ohne Eiseneinlagen. Im ersteren Falle, also im Verbundbau, ist die Verwendung erdfeuchten, trockenen Betons nicht am Platze, vielfach sogar ausgeschlossen, da ein Stampfen zwischen den oft nahe aneinander liegenden Eisen praktisch vielfach wertlos ist, ein gutes Zusammenwirken der Verbindung von Beton und Eisen aber nur dann ermöglicht wird, wenn eine vollkommene Umhüllung der Eisen durch den Beton stattfindet. Dieses ist aber nur zu erreichen, wenn man einen sehr plastischen, d. h. nassen Beton verwendet. Ferner liegt auf der Hand, daß man zu demselben Konstruktionsteile stets nur **eine** Art von Beton verwenden wird, daß man also auch im Verbundbau die nur aus Beton bestehenden Glieder mit demselben, d. h. weichen Beton herstellen muß, wie er für die gezogenen Teile mit ihren Eiseneinlagen verwendet wird, d. h. man wird bei Eisenbetonbauten im allgemeinen nassen Beton benutzen. Hingegen wird es nach wie vor zweckmäßig sein, für den reinen Stampfbeton einen trockenen Beton zu wählen, der durch gutes Stampfen — namentlich bei Zusatz von Traß — durchaus dicht wird; ob dieser Beton sich mehr dem erdfeuchten oder plastischen nähert, wird keine ausschlaggebende Rolle spielen — nur zu „naß" darf er für die Stampfarbeit nicht sein[2]). Dort, wo hingegen „Schüttbeton" unter Wasser verwendet wird, ist eine Anlehnung an das weiche Material und die Einbringung des Beton gleich auf einmal in seiner ganzen Stärke — also nicht ein Stampfen in dünnen Schichten — zu empfehlen[3]). Auch ohne durchgängige Stampfarbeit wird der Schüttbeton fest und dicht, und zwar in seinen unteren Schichten durch das große Gewicht der obenliegenden Massen, während die Oberfläche durch Stampfen zusammengepreßt werden kann. Stellt man hingegen Bauwerkssohlen in einzelnen 15—25 cm starken Lagen her, so binden die oberen Schichten an die unteren nicht fest genug an; es bilden sich wagerechte Fugen und das Betonbett vermag nunmehr eine Biegungsbeanspruchung nicht so gut auszuhalten, wie die durch Schüttung in voller Stärke erzeugte starke, gleichartige Platte.

c) Inwieweit die Zusammensetzung des Beton, namentlich der Einfluß von Steinschlag an Stelle von Kies, ferner die Art der Betonerzeugung (Hand- und Maschinenmischung) und die Größe der Stampfarbeit die Festigkeit beeinflussen,

---

[1]) Vergl. u. a. Z. d. B. 1902. Nr. 98 und Z. u. B. 1904. S. 115. Die Raumgewichte der beiden Mischungen betrugen bei dem geringeren Wassergehalte 2,271, bei dem höheren 2,210, d. h. es zeigt sich eine Verminderung um rd. 3 v. H.

[2]) Vergl. hierzu die Aussprache in der Zeitschr. d. Verb. d. A. u. I. V. 1912. S. 33, 50, 60, 77 und 118.

[3]) Vergl. hierzu die Ausführungen von Sympher in der Zeitschrift des Verb. d. A. u. I. V. 1912. S. 60.

geht aus den voranstehenden Ausführungen, namentlich den Tabellen b, α, 2, I und II, S. 644—645 und der Zusammenstellung in Anm.[1]) hervor.

Im allgemeinen wird man bei einem gut gemischten, normal zusammengesetzten Beton, wie er für Ingenieur- und wichtigere Hochbauten Verwendung findet, eine **zulässige Druckbeanspruchung** bei Normalbelastung von rd. 35—40 kg/qcm, d. i. eine vier- bis fünffache Sicherheit gegenüber der Bruchfestigkeit nach einem Monat, gestatten können; wird eine zehnfache Sicherheit gefordert, so kann als Mittelwert der zulässigen Druckspannnng 20 kg/qcm eingeführt werden. Es sei jedoch hervorgehoben, daß diese zulässigen Spannungen häufiger und nicht ohne Berechtigung, namentlich im Brückenbau, vornehmlich für selten eintretende und verwickeltere größte Belastungszustände überschritten worden sind.

Daß die Druckfestigkeit des Betons durch eine geeignete Umschnürung mit Eisen vergrößert werden kann, die ein seitliches Ausweichen des Betons verhindert, sei nur kurz erwähnt, da die diesbezüglichen Verhältnisse in das Gebiet des Verbundbaues gehören und hier zu weit führen würden[2]).

[1]) Nach Versuchen von E. Dyckerhoff zeigte sich, daß durch die Stampfarbeit bei erdfeuchtem Beton die Festigkeit erheblich vergrößert wurde, daß dies aber bei weichem Beton einen geringeren Einfluß hatte. Von einer gewissen Grenze ab läßt diese Festigkeitszunahme aber nach, um sich schließlich in eine Abnahme umzuwandeln. Dies zeigt die nachfolgende Tabelle:

Betonart	Versuchsreihe		Zahl der Stampfstöße	Druckfestigkeit kg/qcm	Zunahme an Festigkeit in % v. H.
Erdfeucht 5 v. H. Wassergehalt	I	Maschinen-Mischung	6	185,2	—
	I		12	215,5	+ 16,4
	I		18	226,3	+ 15,0
	II		6	193	—
	II		12	228	+ 18,1
	II		18	217	— 4,8
Erdfeucht 5,2 v. H. Wassergehalt	III	Hand-Mischung	6	135,8	—
	III		12	159,8	+ 17,7
	III		18	156,8	— 1,9
Weich 6,5 v. H. Wassergehalt	I	Maschinen-Mischung	6	136,7	—
	I		12	139,3	+ 1,9
	I		18	141,1	+ 1,3
	II		6	150	—
	III		12	155	+ 3,3
	II		18	156	+ 0,6
Weich 6,6 v. H. Wassergehalt	III	Hand-Mischung	6	113	—
	III		12	130	+ 15,5
	III		18	134	+ 3,1

Genaueres siehe in D. B. (Zement) 1906. Nr. 11. S. 43.

[2]) Vergl. u. a. des Verfassers: Material und stat. Berechnung der Eisenbetonbauten 1907. W. Engelmann. S. 33 u. ff. Umschnürter Beton (Beton fretté.)

Die **Zugfestigkeit** des Betons hat, wie zunächst hervorgehoben sei, bei weitem nicht die Bedeutung wie die Druckfestigkeit, weil einerseits Betonbauten so bemessen werden, daß die einzelnen Querschnitte nur Druck erhalten oder andererseits zur Aufnahme auftretender Zugkräfte Eisen eingelegt werden, die den gesamten Zug aufnehmen, sodaß der in der Zugzone liegende Beton statisch nicht berücksichtigt wird. Immerhin aber sind die Normal-Zugfestigkeiten von Bedeutung, um zu beurteilen, ob mit dem Eintreten feiner Haarrisse zu rechnen sei u. dgl. In ähnlicher Art wie die Druckfestigkeit wird auch die Zugfestigkeit von Zementmörtel und -Beton beeinflußt durch das Alter der Erhärtung, durch den Wasserzusatz, durch die Menge der beigefügten Zusatzstoffe usw. Hierüber, sowie über die absoluten Größen geben die nachfolgenden Zusammenstellungen Aufschluß;

I.

Versuche der Berliner Material-Prüfungsanstalt mit normenmäßig hergestellten Mörtelmischungen[1]) von 1 : 3, 1 : 4 und 1 : 5:

Mischung:		Alter:						
		7 Tage	28 Tage	3 Monate	6 Monate	1 Jahr	2 Jahr	3 Jahr
1 : 3	Zugfestig-	—	23,5	27,5	28,5	33,1	—	37,2
1 : 4	keit in	17,0	22,7	28,1	—	—	28,5	29,2
1 : 5	kg/qcm	12,7	16,5	19,8	—	22,6	23,6	23,3

Die aus je 10 Proben ermittelten Zugfestigkeiten zeigen fast ausschließlich eine Vergrößerung im Laufe der Zeit, die in den ersten Monaten erheblich ist, später weniger bedeutend auftritt; die gegenüber anderen Versuchsreihen hohen Ergebnisse lassen auf eine sehr genaue Herstellung der Probekörper schließen, wie sie einer Ausführung in der Praxis nicht entsprechen dürften.

II.

Versuche der Firma Wayß und Freytag:

Es zeigte sich bei einer

Mischung 1 : 3 im Alter von 3 Monaten eine Zugfestigkeit von i. M. 12,6 kg/qcm,
„ 1 : 3 „ „ „ 2 Jahren „ „ „ „ „ 15,5 „
„ 1 : 4 „ „ „ 3 Monaten „ „ „ „ „ 9,2 „

Ferner wurden anläßlich der Bestimmung der auf S. 642 erwähnten E_{bz}-Zahlen die folgenden Festigkeiten bei den dabei verwendeten Wasserzusätzen gefunden:

Alter:	Mischung:	Wassergehalt i. v. H.:	Zugfestigkeit in kg/qcm
3 Monat	1 : 4	8	9,2
3 Monat	1 : 4	14	8,8
3 Monat	1 : 3	8	12,6
3 Monat	1 : 3	14	10,5
2 Jahr	1 : 3	14	15,8.

III.

In ähnlicher Weise fand v. Bach bei Mischungen von 1 Zement + 4 Kiessand + 14 v. H. Wasser aus einer größeren Anzahl von Einzeluntersuchungen bei einem Erhärtungsalter von rd. 3 Monaten eine mittlere Zugfestigkeit = 11,3 kg/qcm.

[1]) Vergl. u. a. B. u. E. 1906. IV. S. 102.

IV.

In welcher erheblichen Weise die Form des Probekörpers bestimmend ist und wie auch hier die Maschinenmischung gegenüber der Handarbeit vorteilhaft wirkt, lassen die nachfolgenden von v. Bach ermittelten Versuchsergebnisse erkennen:

Alter 28 Tage. Mischung 1 : 3.

Form des Probekörpers:	Handmischung 9 v. H. Wasser Zugfestigkeit i. M.	Maschinenmischung[1]) 9,5 v. H. Wasser Zugfestigkeit i. M.	
Achterform $F_b = 5$ qcm	36,8	38,5	kg/qcm.
Prismenform $F_b = 50$ qcm	17,35	25,1	

Änliche Ergebnisse liefern auch die anläßlich der (vom deutschen Ausschusse für Eisenbeton durchgeführten) Eisenbeton-Untersuchungen vorgenommenen, zahlreichen Bestimmungen der Zugfestigkeit der hier verwendeten Mörtel und Betone — vgl. die Veröffentlichungen des genannten Ausschusses; namentlich ist hier die Feststellung von Rudeloff und Gary hervorhebenswert, nach der die Zugfestigkeit des Betons etwa 9,2% der Würfeldruckfestigkeit beträgt (Heft 17).

Im allgemeinen wird man auf Grund der mitgeteilten Zahlenwerte und unter Berücksichtigung, daß die hier meist vorliegenden Laboratoriumsversuche gegenüber der Praxis hohe Ergebnisse darstellen, damit rechnen können, daß nach etwa 3 Monaten ein Zementmörtel 1 : 3 bis 1 : 4 15—20 kg/qcm Zugfestigkeit besitzt, und daß demgemäß bei einer 5 bzw. 10fachen Sicherheit **Zugspannungen bei Normalbelastung** von 3,0—4,0, bzw. 1,5—2,0 kg/qcm gestattet werden können.

Die nach den Navierschen Gesetzen ermittelte **Biegefestigkeit** des Betons, d. h. die hierbei auftretende Druck- bzw. Zugfestigkeit zeigt i. d. R. erheblich höhere Werte als sie sich bei einer Normalbeanspruchung — bei Druckbelastung also der Würfelprobe — ergeben. Diese Erscheinung dürfte darin ihre Erklärung finden, daß einerseits die Elastizitätzahlen für Druck und Zug verschieden sind, andererseits das Hooke'sche Gesetz für Betonbauten eigentlich keine Gültigkeit besitzt und endlich durch die Achsendrehung der Querschnitte im Innern der Betonkörper in der Druckzone nicht in Rechnung gestellte Widerstände sich ausbilden können. Hierzu kommt bei Druck-Würfelversuchen noch hinzu, daß jeder ungleichmäßige Kraftangriff, jede hierdurch bedingte ungleichmäßige Zusammendrückung die Bildung sekundärer Schubspannungen, denen gegenüber der Würfel wenig widerstandsfähig ist, bedingt und zum Bruche führt, während bei der Biegungsbelastung, wie namentlich Schüle-Zürich nachweist, in weit höherem Grade eine gleichmäßig ansteigende Druckübertragung gesichert ist.

Diese, demgemäß auf unwahrscheinlicher Grundlage ermittelten vergrößerten Biegungsspannungen haben naturgemäß nur relativen Wert, da beim Bruche bei Biegung tatsächlich in den äußersten Fasern keine andere Festigkeit vorhanden sein kann als wie bei der Normalbeanspruchung. Man wird aber diesen, aus der Rechnung nach Navier usw. sich ergebenden relativen Zahlen insofern Rechnung tragen müssen, als auch die zulässigen Spannungen auf Biegung eine entsprechende Erhöhung gegenüber den erlaubten Normalbeanspruchungsziffern, erfahren. Da nach Versuchen und deren Ausmittelung nach Navier[2]) die Zugbiegefestig-

[1]) Vergl. von Bach: Elastizität und Festigkeit. 4. Aufl. 1902. S. 129 u. 5. Aufl.

[2]) Die Festigkeit ist also hier bei rechteckigen Bruchquerschnitten nach der Gleichung:

$$\sigma = \frac{6\,M}{b\,h^2}$$

berechnet.

keit rd. das zweifache der Normalzugfestigkeit beträgt[1]), während bei Druck diese Zahlen etwa im Verhältnisse von 1,7 bis 1,8 : 1 stehen, so wird man erst ein Auftreten von Rissen bzw. ein Zusammendrücken des Betons bei Biegung zu erwarten haben, wenn die errechneten Biegungszugspannungen etwa Werte von 24—30 kg/qcm, die Biegungsdruckspannungen von rd. 300—400 kg/qcm erlangen. Demgemäß können aber auch hier die zulässigen Spannungen erhöht werden; es dürfte ohne Bedenken bei reiner Biegung mit einer erlaubten Druckspannung von 40—50 kg/qcm gerechnet werden können und ein Eintreten von Haarrissen an der Zugseite erst zu befürchten stehen, wenn die rechnerische Zugspannung 20 kg/qcm überschreitet. Die Betrachtungen zeigen zudem, daß es nicht angängig ist, bei Biegung von Festigkeitszahlen ohne weiteres Gebrauch zu machen, welche an Würfeln, auf Druck belastet, oder an prismatischen, **in ihrer Achse** gezogenen Stäben ermittelt wurden.

Die **Scherfestigkeit** von Zementmörtel und -Beton ist ähnlich wie die anderen Festigkeitsarten vorwiegend vom Mischungsverhältnisse, dem Wassergehalte, der Erhärtungszeit und der Güte der Materialien und ihrer Mischung beeinflußt. So ergaben z. B. Versuche, die Mörsch an geschlitzten Betonprismen ausführte, bei denen die stehengebliebenen Stege durch Abscherung zerstört wurden, die folgenden Ergebnisse; hierbei sind zum Vergleiche die am gleichen Material, wenn auch an besonderen prismatischen Körpern gefundenen Druck- und Zug- (Normal-)Festigkeiten hinzugefügt.

	Mischung						
	1 : 3		1 : 4		1 : 3		
Wasserzusatz	8	14	8	14	1	14	v. H.
Scherfestigkeit	36	30	31	28	26	19	kg/qcm
Zugfestigkeit	12,6	10,5	9,2	8,8	4,4	5,5	kg/qcm
Druckfestigkeit	280	195	220	153	127	88	kg/qcm

Im allgemeinen kann man damit rechnen, daß die Schubfestigkeit eines Beton- oder Mörtelkörpers von der Zusammensetzung 1 : 3 bis 1 : 5 nach 1 Monat Erhärtungs-

[1]) Hanisch und Spitzer in Wien fanden durch Versuche, bei denen prismatische Betonplatten auf Biegung zum Bruche gebracht wurden und bei Normalzugversuchen an Probekörpern, die aus den Bruchstücken nahe den Lagern mit größter Vorsicht herausgearbeitet wurden, z. B. das folgende:

Probe:	I	II	III	IV	V	VI	
Würfeldruckfestigkeit	296	329	256	314	352	300	kg/qcm.
Normalzugfestigkeit	29	24	27	23	20	29	kg/qcm.
Biegefestigkeit $\sigma = \frac{6M}{bh^2}$	54,6	43,2	46,1	49,1	46,2	49,1	kg/qcm.

Ähnliche Ergebnisse fand Mörsch:

Mischung:	1 : 3		1 : 4		
Wasserzusatz	8	14	8	14	v. H.
Berechnete Biegefestigkeit	21,4	23,2	16,1	16,7	kg/qcm.
Normalzugfestigkeit	12,6	10,5	9,2	8,8	kg/qcm.

Nach neuesten Versuchen des Groß-Lichterfelder Prüfungsamtes ist die Biegefestigkeit im Mittel zu 18,7 % der Würfeldruckfestigkeit gefunden worden.

Wegen des Verhältnisses der Würfel- zur Biege-Druckfestigkeit sind in erster Linie die Arbeiten von Bach für den Deutschen Ausschuß für Eisenbeton heranzuziehen. Aus ihnen geht hervor, daß neben der Form des Querschnittes hier auch die Größe der Eisenbewehrung ein wichtiges Wort mitspricht. Im besonderen sei auf die Ergebnisse von Heft 19, die Prüfung der Balken zu Kontrollversuchen behandelnd, hingewiesen; vgl. auch Arm-Beton 1912. August-Heft S. 293 u. 294.

zeit höher als 25 kg/qcm ist[1]), sodaß bei einer fünffachen Sicherheit mit rd. 5,0 kg/qcm gerechnet werden kann und die, namentlich im Eisenbetonbau eingeführte Zahl von 4,5 kg/qcm als zulässige Schubspannung eine durchaus genügende aber auch nicht zu hoch bemessene Sicherheit in sich schließt.

Die **Abnutzungsfestigkeit** des Zementbetons und -Mörtels[2]) spielt vorwiegend bei deren Verwendung zu Estrichen sowie Kunststeinen und Platten, die zur Erzeugung von Fußböden benutzt werden u. dgl. eine Rolle. Auch kommt hier die Benutzung der genannten Stoffe zu Gerinnsohlen, Kanälen usw. in Frage, welche starker Sand- und Geschiebeführung ausgesetzt sind.

Im allgemeinen hat sich gezeigt, daß Zementmischungen mechanischen Einflüssen gut widerstehen, namentlich bei ausreichendem, aber nicht zu hohem Sand- oder Steinzusatze. Die Grenze, bei welcher die Abnutzung stärker zunimmt, beginnt etwa bei 1 : 3; am günstigsten sind die Verhältnisse 1 : 1 und 1 : 2. Auch scheint es, daß — wenn auch nicht immer, so doch oft — zugfeste Mörtel und Betone auch gegenüber der Abnutzung ein günstiges Verhalten zeigen, wenn sich auch keine allgemeine Gesetzmäßigkeit, noch weniger eine Proportionalität in den diesbezüglichen Versuchsreihen zu erkennen gegeben hat. In gleicher Einschränkung gestattet auch die Größe der Druckfestigkeit einen ungefähren Schluß auf die Abnutzungsgröße.

Die **Haftfestigkeit** des Zementmörtels ist, soweit die Haftung an Steinen in Frage kommt, sehr verschieden; sie ist abhängig von diesen, vom Zement- bzw. Sandgehalte, von der feinen Mahlung usw., und kann durch Zufügung von Kalk nicht unerheblich vergrößert werden. Bei der großen Verschiedenheit der Materialien können Normalzahlen nicht angegeben werden. Von erheblich höherer Wichtigkeit als das Haften von Zementmörtel und Stein ist das Verhalten des ersteren gegenüber dem Eisen. Die hier bei Normalbeanspruchung waltenden Gesetzmäßigkeiten durch umfangreiche Versuche aufgedeckt zu haben, ist das Verdienst von v. Bach[3]). Die wichtigsten Ergebnisse seiner Arbeiten lassen sich in den folgenden Leitsätzen zusammenfassen:

a) Die Haftfestigkeit hängt in hohem Maße von dem Wassergehalte des Zementmörtels oder -Betons ab; und zwar zeigt sich bei dem kleinsten möglichen Wassergehalt die höchste Haftfestigkeit.

b) Eine Änderung des Sandzusatzes in beschränkten Grenzen beeinflußt die Haftfestigkeit nicht erheblich.

c) Die Haftfestigkeit für ein Eisen mit Walzhaut ist größer als bei glatter Bearbeitung der Eisenoberfläche.

d) Die Haftfestigkeit eines stärkeren Rundeisens ist größer als die eines gleichartigen schwächeren — ein Ergebnis, das wohl auf die Elastizität des Eisens zurückzuführen ist und erkennen läßt, daß trotz der Oberflächenvergrößerung eine Anzahl dünnerer Eisen gegenüber wenigen, stärkeren in bezug auf die Haftung nicht von Vorteil sind.

[1]) Nach Feststellung des Groß-Lichterfelder Prüfungsamtes ist die Scherfestigkeit rd. 18,3 % der Würfeldruckfestigkeit.

[2]) Vergl. hierzu u. a. auch die vergleichenden Versuche für verschiedene Belegmaterialien im V. und VI. Jahrgange der Mitt. aus der Kgl. Techn. Versuchsanstalt zu Berlin.

[3]) Vergl. v. Bach: Versuche über den Gleitwiderstand einbetonierten Eisens. Berlin. 1905. A. W. Schade, und v. Bach: Versuche mit Eisenbetonbalken I und II. Julius Springer. Berlin. 1907 und 1909.

e) Die Haftfestigkeit nimmt i. d. R. mit zunehmender Länge des einbetonierten Eisens ab[1]).

f) Die Haftfestigkeit, ermittelt durch Herausdrücken des Stabes, ergibt sich höher als die beim Herausziehen — ein Ergebnis, das sich dadurch erklärt, daß bei der ersten Beanspruchungsart die Eisenquerschnitte infolge der Zusammenstauchung größer werden, während im zweiten Fall die Zugbelastung die Querschnitte verkleinert, wodurch das Herausreißen des Eisens befördert wird. Hieraus ergibt sich, daß in einem gedrückten Querschnittsteile im allgemeinen mit einem festeren Haften der Eisen als in der Zugzone zu rechnen sein dürfte[1]).

g) Die Größe der Haftfestigkeit wurde (bei einer Stablänge von 150 mm, Walzhaut, 15 v. H. Wasser und Herausziehen) für die verschiedenen Querschnitte gefunden zu:

	Mittelwert
1. Rundeisen 10 mm Durchm.	14,1 kg/qcm,
„ 20 „ „	18,5 „ ,
„ 40 „ „	27,7 „ ,
2. Quadrateisen, hochkantig gestellt von 20 mm Seite	26,2 „ ,
3. Flacheisen 4/40 mm } hochkantig gestellt	22,2 „ ,
4. „ 10/40 „ } hochkantig gestellt	19,6 „ .

Ähnliche Zahlen lieferten auch Versuche von v. Bach bei Biegungsbelastung von Eisenbetonbalken von 6 Monaten Alter.

Die Einzelwerte der Haftfestigkeit schwanken hier für gewöhnliche Rundeisen mit Walzhaut:

Bei Rundeisen	von	18	mm	Durchm.	zwischen	19,9	und	22,3	kg/qcm,
„	„	„	22	„	„	„	17,0	„ 21,7	„ ,
„	„	„	25	„	„	„	21,0	„ 22,7	„ ,
„	„	„	32	„	„	„	17,0	„ 22,1	„ .

Weitere Versuche lieferten (neben Schlüssen, die sich nur auf den Eisenbetonbau beziehen und hier zu weit führen würden) das Ergebnis, daß die Haftung bei unter Wasser gelagerten Balken erheblich höher ist als bei solchen, die an der Luft abgebunden haben und zeigten, daß bei auf feuchtem Sande gelagerten 6 Monate alten Balken die Haftfestigkeit zwischen rd. 11 und 27 kg/qcm liegt. Man wird dementsprechend nicht fehlgehen, wenn man unter normalen Verhältnissen die Haftfestigkeit zwischen Eisen- und Zementmörtel zu etwa 20 kg/qcm annimmt, woraus bei 4—5facher Sicherheit sich für die zulässige Belastung ein Wert von rd. 4,5 kg/qcm ergibt, d. h. der gleiche Wert, wie er vorstehend als zulässige Schubspannung des Betons erwiesen wurde. Es ist auch durchaus angebracht, beide Werte gleich zu nehmen bzw. die erlaubte Haftspannung durch die gestattete Schubspannung zu begrenzen, weil beim Lösen von Beton und Eisen sehr leicht die Trennung in einer feinen, an letzterem festsitzenden Mörtelschicht erfolgen kann, d. h. wirklich nur die Schubfestigkeit des Betons ausgenützt wird. Auch ist daran zu denken, daß Eisen nahe dem Rande des Betonquerschnittes bzw. Walzeisen wie ⊏ ⊥ L usw.-Profile durchaus nicht in ihrer Eisenoberfläche, sondern in dem umschriebenen Vieleck geringsten Umfanges herausreißen können.

---

[1]) Es ergab sich z. B.:

Länge = rd.	100	150	200	300 mm
Haftfestigkeit beim Herausziehen	25,1	30,6	15,6	15,3 } kg/qcm
Haftfestigkeit beim Herausdrücken	27,4	32,9	22,3	21,2 } kg/qcm
Vergrößerung um	9 %	7,5 %	44 %	39 %.

Schließlich sei bemerkt, daß die Haftfestigkeit zwischen Eisen und Beton in der Praxis tatsächlich nicht die wichtige Rolle spielt, die man ihr anfangs zugewiesen hatte, daß, je besser man gelernt hat, durch Umbiegungen usw. die Eisen fest im Beton zu verankern, um so mehr überhaupt eine Ermittelung der Haftspannungen entfallen kann; es kommt hinzu, daß ferner ihre theoretische Ermittelung an z. T. wenig zutreffende Annahmen gebunden, also unsicher ist und kaum jemals ein gut konstruiertes Eisenbetonbauwerk durch Überschreiten der Haftfestigkeit in Gefahr gebracht werden kann.

Allgemein wird die Festigkeit des Betons in jeder Hinsicht durch die Beschaffenheit seiner Zuschlagsmaterialien in hohem Maße beeinflußt sein. Hier kommen namentlich Sand, an seiner Stelle örtlich auch granulierte Hochofenschlacke, die aber genau und langdauernd, namentlich auf Treiberscheinungen in Verbindung mit Zementmörtel zu prüfen ist, sowie Kies und Steinschotter in Frage. Am geeignetsten ist scharfer Quarzsand mit rauher Oberfläche, der rein von pflanzlichen und erdigen, bituminösen usw., seine Oberfläche bedeckenden Bestandteilen sein soll. Tonbeimengung im Sand schadet nichts, sobald der Ton fein verteilt neben dem Sande und in geringerer Menge vorkommt, ja er kann in solchem Falle sogar die Dichtheit und Festigkeit des Enderzeugnisses günstig beeinflussen; hingegen ist ein Sand von der Mörtel- und Betonbereitung auszuschließen bzw. zunächst stark zu waschen, dessen einzelne Körnchen mit feinem Ton umhüllt sind, da ein solcher in dieser Form ein Verkitten von Sand und Zement verhindern würde. Auch ist von besonderer Bedeutung, daß das Korn des Sandes ein verschiedenes ist, damit die feineren Teile in den Lücken zwischen den gröberen gerade Platz finden und ein möglichst porenfreies, dichtes Gemenge entsteht[1]). Dies empfiehlt sich auch vom wirtschaftlichen Standpunkte, da gleiche Korngrößen größere Hohlräume bedingen, die mit Zement ausgefüllt werden müssen, dessen Menge um so größer wird, je kleiner das Korn ist, da hiermit die Summen der Oberflächen steigen.

Bei Verwendung von Kies (Gruben- und Flußkies) und Steinschotter aus Natur- oder Kunststeinen werden im allgemeinen Bestandteile von 7 bis 70 mm Durchmesser verwendet, wobei naturgemäß für die Größtwerte der zulässigen Korngröße die Art und Massigkeit, sowie die Ausführung des Bauwerks eine entscheidende Rolle spielen. Zudem ist das Zusatzmaterial so zu wählen, daß es in seiner Härte dem erhärteten Zementmörtel angenähert angepaßt ist bzw. ihn übertrifft, da die Betonfestigkeit nicht unerheblich von der Güte der Schotterzuschläge abhängig ist[2]); auch ist ein Beton aus dauerhaftem Steinschlag i. d. R. besser als ein gleichartiger unter Verwendung von Kies, da hier — abgesehen von oft vorhandener größerer Härte — die rauhen Außenflächen der Schottersteine ein besonders gutes Verkitten bewirken. Hingegen ist der Kies meist dadurch im Vorteil, daß er sehr verschiedene Porengröße enthält — auch Sand — und demgemäß die Porenmenge kleiner ist als wie bei dem angenähert gleichkörnigen Schotter; jedoch spielt diese Frage hier nicht die Rolle wie beim Mörtel, da letzterer hier ja als plastisches Material die Hohlräume ausfüllt. Zu Schottermaterial empfehlen sich nicht — abgesehen von besonders guten und dichten Steinen — Ziegelsteine, Sandsteine und viele Kalksteine, da sie meist, neben geringer Härte und Festigkeit, zu viel Wasser schlucken und somit dem Zementmörtel nicht selten das zu seiner Erhärtung notwendige

---

1) Vergl. hierzu die Ausführungen von Martens über diesen Punkt in den Mitt. d. Berl. Kgl. Techn. Vers.-Anst. v. Jahre 1897.

2) Vergl. Protokoll 1903. S. 174. Unters. v. R. Dyckerhoff u. die Mitt. aus der Kgl. Techn. Versuchsanst. Berlin. 1909.

Wasser entziehen. Am besten eignen sich Hartgesteine mit grobkörnigem Gefüge, die, beim Zerkleinern meist in verschiedene Korngröße zerfallen und somit neben der größeren Härte die oben erwähnten Vorzüge des Kieses besitzen.

9. Das Verhalten des Zementmörtels bzw. Betons gegenüber der Einwirkung chemisch wirkender Wässer.

Hier kommt als besonders wichtig für bauliche Verhältnisse in Frage der Einfluß von kohlensäurehaltendem Wasser, von Kanalwässern und Moorwasser.

Während die in der Luft vorhandene Kohlensäure, indem sie das im Zement enthaltene Kalkhydrat in $CaCO_3$ umwandelt, günstig auf seine Verfestigung hinwirkt, ist der Einfluß von im Wasser enthaltener freier Kohlensäure auf Zementmörtel — vorwiegend in Form von Putz, daneben auch Beton — häufig als schädlich befunden worden. Namentlich hat sich diese Erscheinung bei Quellwasserbehältern gezeigt und zwar um so mehr, je schneller das Wasser durch sie hindurchfließt und je mehr für eine dauernde Reinhaltung der Wandungen Sorge getragen wird. Die im Wasser enthaltene freie Kohlensäure bildet mit dem Kalkhydrat des Zementes das in Wasser lösliche Salz des doppelt kohlensauren Kalkes und bewirkt somit ein Auslaugen des Zementmörtels, fortschreitend mit der Schnelligkeit der Wassererneuerung und damit mit der Zeit. Wenn sich auch hierbei an der Oberfläche der angegriffenen Putzfläche eine gallertartige, kieselsäurereiche Schutzschicht bildet, so vermag diese doch nicht eine dauernde Sicherung abzugeben, umso weniger als sie nicht allzufest mit der Unterfläche verbunden ist und durch die notwendige Reinigung der Behälter von Zeit zu Zeit beseitigt werden muß. Günstig gegen diese Angriffe freier im Wasser enthaltener Kohlensäure wirkt einerseits ein Zusatz zum Zementmörtel und Beton, der geeignet ist, das Kalkhydrat in eine unlösliche und durch CO_2 unzersetzbare Verbindung überzuführen (z. B. in kieselsauren Kalk), wie dies ein geeigneter Zusatz guten Trasses tut, oder ein Schutzanstrich, für den sich namentlich Siderosthen-Lubrose und Dr. Roths Inertol als recht wirkungsvoll erwiesen haben[1]); hierbei ist darauf zu achten, daß die Zementputzschicht vor Anbringung des Anstriches vollkommen ausgetrocknet ist. Im allgemeinen günstig wirkt zudem ein Zementputz 1 : 1, der mit reinem Zement geglättet wird. Im übrigen sei auf die Versuche von Schiffner über den Einfluß der Wasserkohlensäure auf Zementputz und die Ergebnisse dieser Arbeit in den Protokollen des V. d. deutsch. Portl.-Zem.-Fabr. 1898—1901 verwiesen.

Durchaus bewährt hat sich Zement in städtischen Kanälen, da in den Kanalwässern sich einerseits die sehr verschiedenartigen Stoffe zu einem großen Teile neutralisieren und andererseits ein aus den Fett usw. -Bestandteilen der Kanalwässer sich auf den Sielwandungen bildender Niederschlag als gute Schutzschicht wirkt. Hingegen haben in einzelnen Fällen, wie Bredtschneider-Charlottenburg nachgewiesen, Kanalgase den Zementmörtel in der Art geschädigt, daß durch die mit Schwefelwasserstoff gesättigte Luft Bildungen von Gips eintraten, die eine Zerstörung der Zementmörtel zur Folge hatten. Diese Schädigung läßt sich jedoch durch gute Lüftung der Kanäle mittelst zahlreicher Hausanschlüsse beseitigen bzw. von vornherein vermeiden.

Gefährlich für den Bestand von Betonbauten sind i. d. R. Moorwässer und Moorboden, und zwar sowohl wegen der hier stets enthaltenen Humussäure, als auch — und zwar in sehr vermehrtem Maße — durch den Gehalt an Schwefelkies, der bei Luftzutritt

[1]) Vergl. S. 552 u. 553, sowie die diesbezüglichen Ausführungen in der D. B. 1908. S. 153 und Tonind.-Z. 1908. Nr. 102.

sich in Eisensulfat oxydiert oder zur Bildung von Schwefelsäure unmittelbar führen kann; daß alle leicht löslichen schwefelsauren Salze sich mit dem Kalke des Zementes zu Gips umbilden, dieser aber durch Aufnahme von 2 Molekülen Wasser eine Volumenvergrößerung bewirkt und somit eine Spreng- und Zerstörungswirkung ausübt, wurde schon auf S. 640 bei den Treiberscheinungen hervorgehoben; hier kommt noch hinzu, daß das sich bildende Kalziumsulfat auch befähigt ist, mit dem im Zement enthaltenen Aluminium ein Doppelsalz ein Kalzium-Aluminum-Sulfat zu bilden, das bis zu 30 Molekülen Wasser aufzunehmen vermag, also gegenüber dem Gips eine sehr erhöhte Sprengwirkung ausüben muß[1]).

Beim Antreffen von moorigen Schichten sind zunächst deren Bestandteile auf ihre Schädlichkeit hin durch eine chemische Analyse festzustellen und, falls besondere Gefahr vorliegt, einem anderen Baumaterial als dem Zementbeton der Vorzug zu geben. Da aber alles Mauerwerk wegen seines Mörtels und Putzes auch hier der geringeren oder größeren Zerstörung anheimfallen würde, so ist eine Sicherung von außen her zu schaffen. Hier kommt in Frage eine Umdämmung des Baues, wenn möglich, innerhalb der Moorschichten mit Ton oder Lehm, auch reinen Sandschichten, ferner ein unmittelbarer wasserdichter und säurefester Überzug, wie ihn z. B. ein Goudronanstrich mit daraufgeklebter Dachpappe oder Asphaltfilzplatten bilden. Teeranstriche gewähren keinen ausreichend dauernden Schutz, da sich Schwefelsäure mit den Teerteilprodukten zu wasserlöslichen Sulfosäuren umsetzt.

Anschließend sei erwähnt, daß gegenüber den Rauchgasen der Lokomotiven usw. die Verwendung von Beton und Eisenbeton bisher zu keinem Bedenken Veranlassung gegeben hat. Wenn auch festgestellt worden ist, daß die Rauchgase schweflige Säure abscheiden und diese unter Zutritt der Luft sich mit dem Kalk des Zementes wiederum zu Gips umbildet, so hat doch der Beton hierdurch keine nennenswerte Beeinträchtigung an seiner Festigkeit wie an seinem Aussehen erfahren. Auch das in Beton eingebettete, mit nur wenig Mörtel überdeckte Eisen hat sich, bei guter Umhüllung, durchaus und dauernd rostfrei gehalten, sodaß auch die Befürchtungen, daß der Verbundbau bei Brücken usw. durch die Gase der Lokomotiven in seinem Bestande schwer leiden könne, als übertrieben bezeichnet werden können. Dies bestätigen die Beobachtungen an den Rauchabführungskanälen aus Eisenbeton in Lokomotivschuppen[2]).

10. Über die Leitungsfähigkeit von Beton gegenüber dem elektrischen Strome liegen ältere Versuche von Lindeck vor, welche erkennen lassen, daß Beton ein schlechter elektrischer Leiter ist und um so weniger gut leitet, je magerer und je mehr er durch Hohlräume durchsetzt ist, daß jedoch sein Widerstand — z. T. sehr erheblich — bei Durchfeuchtung abnimmt und stark bei Erwärmung steigt. Aus neuen, vom deutschen Ausschusse für Eisenbeton durchgeführten bzw. eingeleiteten Versuchen[3]) hat sich ferner ergeben, daß der Anfangswiderstand des Betons regelmäßig rasch bis zu einem Kleinstwert fällt, entsprechend der Erwärmung des Betons durch den Strom, daß er dann aber wieder steigt; hierbei verhält sich die Körpertemperatur umgekehrt. Es dürfte Beton demgemäß zu den Leitern zweiter Klasse zu zählen sein. Wahrscheinlich

---

[1]) Vergl. hierzu: Protokoll des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten. 1905. S. 224. D. B. 1908. S. 466 und Arm.-Bet. 1909. S. 95. (Ausführungen von Dr. E. Stephan.)

[2]) Vergl. die betreffenden Ausführungen von Th. Böhm auf der Tagung des Deutschen Betontages im Protokoll von 1909.

[3]) Vergl. Heft 15 der Veröffentlichungen des deutschen Ausschusses für Eisenbeton. Versuche über den Einfluß der Elektrizität auf Eisenbeton (Prof. Berndt) u. die Mitteilung über die ähnlichen Dresdener Versuche in der 4. Auflage von Büsing-Schumann, der Portlandzement usw. S. 174 und 175.

ist auch, daß durch die elektrische Beeinflussung des Betons sich dessen Festigkeit — allerdings nicht sehr erheblich — verringert, wobei Spannungsgröße und Stromdichte von wesentlichem Einflusse sind. Beim Eisenbetonbau kommt hinzu, daß infolge der Zersetzung des im Beton vorhandenen Wassers durch den elektrischen Strom sich Rost am Eisen bilden kann, der allerdings nur bei starkem Eisenquerschnitte und hohem, im Hochbau wenigstens kaum auftretendem Wassergehalte des Betons durch die mit seiner Bildung Hand in Hand gehende Volumenvergrößerung eine Sprengwirkung auf den Beton auszuüben vermag[1]). Es gilt dies jedoch nur für Gleichstrom, während bei Wechselstrom infolge des dauernden Wechsels von Anode und Kathode eine elektrolytische Wirkung nicht eintritt. Es sei hinzugefügt, daß die im allgemeinen bei vagabundierenden Erdströmen höchstens vorhandene Stromdichte so gering ist (= 0,001 Amp./qdcm), daß sie für eine Zerstörung des Eisenbetons bei Hochbauten nicht in Frage kommen kann, abgesehen von dem meist auch fehlenden, erforderlichen Wassergehalte, und daß auch — wie Versuche nachgewiesen[1]) — bei plötzlichen blitzähnlichen Entladungen eine besondere Gefahr nicht besteht. Hier besteht die Wirkung der Entladungen im wesentlichen darin, daß sich der Strom zunächst eine Funkenbahn durch den Beton bildet, welche infolge der Wärmewirkung verglast und sich zu einer Röhre erweitert. In feuchtem Beton sind diese Blitzkanäle nur sehr klein und kaum erkennbar, da hier die ganze Betonmasse, die — wie vorerwähnt — feucht erheblich besser leitet, einen durchgehenden Leitungsweg für die Verästelung und Verteilung des Stromes bildet.

11. Über den Einfluß von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit des Betons geben neben älteren diesbezüglichen Untersuchungen wiederum systematische Arbeiten des deutschen Ausschusses für Eisenbeton Aufschluß[2]). Die allgemeinen Ergebnisse der auf Druckfestigkeitsbestimmungen beruhenden Untersuchungen werden von Gary in den folgenden Schlüssen zusammengefaßt:

a) Warmes Wetter beschleunigt das Erhärten von Beton und führt zu höherer Endfestigkeit, falls man für das Abbinden bei mäßiger Wärme Sorge trägt, und namentlich den weichen Beton vor dem Austrocknen bewahrt. Starke Wärmestrahlung wirkt auf frischen Beton in fetten Mischungen unter Umständen schädlich, in magerer Mischung nützlich, wenn die Wärme nicht zu lange anhält und der Beton vor Austrocknung geschützt wird.

b) Kühle Witterung (etwa + 5° C) schadet weder der endgültigen Festigkeit des erdfeuchten noch des weichen Betons, vorausgesetzt, daß der Beton noch in den ersten Monaten seiner Erhärtung Gelegenheit hat, in normalen Temperaturen (+ 15 bis + 20° C) zu erhärten. Magere Betonmischungen können unter dieser Voraussetzung bei kühler Witterung (größerer Luftfeuchtigkeit) unter Umständen stärker erhärten als bei Zimmerwärme.

c) Geringer Frost (— 5 bis — 10° C) schadet, solange der Beton bei normalen Temperaturen erzeugt wurde, seiner Erhärtungsfähigkeit nur wenig; er hält nur die Entwickelung der Endfestigkeit zurück. Die Zeit, die der Beton im Frost steht, kommt für seine Erhärtung nicht in Betracht. Der Beton erlangt aber seine natürliche

---

[1]) Vergl. hierzu auch: Der Portlandzement und seine Anwendungen im Bauwesen. 4. Auflage. 1912. Verlag der Deutschen Bauzeitung, S. 168—175, sowie die in Anm. 3 auf S. 655 angeführten Untersuchungen und die Ausführungen im Arm.-Beton. 1910. S. 393. 1911. S. 67 und 350 und 1912. Juli-Heft. F. l'Allemand: Versuche über den Einfluß der Elektrizität auf Eisenbeton.

[2]) Vergl. Heft 15 der Veröffentlichungen. Bericht erstattet von M. Gary.

Endfestigkeit, wenn er nach dem Frost Zeit genug zur Nacherhärtung in normaler Temperatur erhält.

Die Ausdehnungszahl des Zementmörtels und -Betons bei Temperaturerhöhung bzw. -Erniedrigung kann nach vielfachen Untersuchungen[1]) zu rd. 0,000012, d. h. ebenso hoch wie die des schmiedbaren Eisens angenommen werden, ein Verhältnis, welches für den Bestand der Verbundkonstruktionen, d. h. das gleichmäßige, rißfreie Zusammenarbeiten von Beton und Eisen in diesen, von grundlegender Bedeutung ist. Wenn auch bei verschiedener Zusammensetzung des Betons geringe Abweichungen der Wärmeausdehnungszahl beobachtet worden sind, so sind die Abweichungen doch so gering, daß ihnen eine praktische Bedeutung nicht beizumessen ist, namentlich im Sinne des Verbundbaues. Auch haben gerade hier Probebrände und Schadenfeuer ein einwandfreies, ganz gleiches Ausdehnen sowohl von Eisen als auch von Beton bei sehr hohen Temperaturen erwiesen. Günstig wirkt hierbei namentlich auch auf die Feuersicherheit der Eisenbetonbauten ein, daß die Wärmeleitungsfähigkeit des Betons gering ist, daß der Beton im allgemeinen als ein wärmeträger Körper bezeichnet werden kann, es also sowohl geraume Zeit dauert, bis der Beton die höhere Wärme seiner Umgebung angenommen oder an sie seine Eigenwärme abgegeben hat. Im allgemeinen zeigt sich in dieser Hinsicht Beton wie ein körniges Naturgestein, während im Vergleiche zu Ziegelmauerwerk seine Wärmeleitungsfähigkeit etwas größer ist.

Es folgt hieraus weiter, daß ein Beton- oder Verbundbau, namentlich ein solcher mit stärkeren Querschnittsabmessungen, auch nicht die Schwankungen der Tagestemperatur mitmachen wird, da die träge Fortleitung der Wärme in ihn gar nicht die, i. d. R. nur kürzere Zeit wirksamen, äußersten Temperaturen eindringen läßt. Deshalb ist es auch durchaus unberechtigt, für die statischen Berechnungen solcher Bauwerke Temperaturunterschiede zu verlangen, wie sie z. B. bei Eisenbauten eintreten können (von $\pm$ 35 bis 40° C). Im Verbund- und Betonbau genügt es vollkommen mit 15 bis 20° C Unterschied zu rechnen, da extreme Temperaturzustände schon vorbei gegangen sein dürften, ehe der Beton Zeit gehabt hat, sich ihnen anzupassen.

12. Zementmörtel und -Beton gehören durchaus zu den feuersichersten Baustoffen. Wenn auch, namentlich bei schneller Hitzesteigerung, die Festigkeit, und zwar mehr auf Zug als auf Druck, zurückgeht, ferner bei plötzlicher Abkühlung sich nicht unerhebliche Festigkeitsverminderungen, auch im Hinblicke auf das Haften von Eisen und Beton zeigen, so muß doch hervorgehoben werden, daß der Zementbeton sich bei der gewaltigen Summe von Brandproben und Schadenfeuern als ein hervorragend feuersicherer Baustoff bewährt hat und namentlich die Eisenbetonbauten zu den feuersichersten unserer Konstruktionen zu zählen sind[2]).

13. Die Einwirkung des Zementmörtels und -Betons auf Eisen ist schon auf S. 651 behandelt worden. Anschließend sei hervorgehoben, daß Zement einen vorzüglichen Schutz des Eisens bildet, sein Weiterrosten verhindert, ja sich sogar rostverzehrend in besonderen Fällen erzeigt hat. Hingegen ist die Einwirkung von Zement auf manche anderen Metalle, namentlich Blei und Zink eine sehr ungünstige, nicht selten zur voll-

---

[1]) Die ersten Untersuchungen stammen von Bonniçeau her. Ann. d. ponts et chauss. 1863. S. 181.

[2]) Vergl. hierzu u. a.: Die Veröffentlichungen des Deutschen Betonvereins: 1. Feuersicherheit von Beton, Eisenbeton, Eisen und Holz (mit 41 Textabb.) und 2. Die Feuersicherheit des Eisenbetons bei den größeren Brandkatastrophen im Jahre 1911. Vgl. hierzu auch die Untersuchungen v. Germer: Einfluß höherer Temperaturen auf die Festigkeit von Mörtel, Mauerwerk und Beton. Tonind.-Zeitg. Verlag 1911.

kommenen Zerstörung dieser führend; dies tritt wahrscheinlich aber nur alsdann ein, wenn der Mörtel stark porös ist und Luft wie Feuchtigkeit durch ihn hindurch zum Metall zu gelangen vermag und somit letzteres der lösenden Wirkung von Alkalien ausgesetzt ist. Zum Schutze werden meist isolierende Anstriche ausreichen, wie Asphalt, Asphaltlack und ähnliches.

14. Die Wasserdichtheit des Zementbetons und -Mörtels hängt vorwiegend ab von der Feinheit der Zementmahlung, der Art und Güte der Zuschläge, ihrer Korngröße, d. h. der geringeren und größeren Ausbildung von Porenräumen, endlich der Mischung und der Verarbeitung, namentlich in letzterer Hinsicht auch von dem Wasserzusatze. Es sei von vornherein betont, daß es kaum möglich ist, überhaupt einen vollkommen wasserdichten Beton zu erzielen, namentlich in der ersten Zeit nach seiner Erhärtung und bei höherem Wasserdrucke. Im Laufe der Zeit nimmt die Dichtheit zwar zu, wie namentlich Erfahrungen im Talsperrenbau und bei Betonbehältern und Gewölben gezeigt haben, fast vollkommene Dichtheit läßt sich aber auch hier nur durch einen Putz, nicht selten mit besonderen Beimengungen, endlich durch Schutzanstriche erreichen. Während als wasserdichter Zementputz vorwiegend ein solcher in Mischung von etwa 1 : 1 und in mehreren Schichten aufgetragen, mit einem Glattstriche aus reinem Zement in Frage kommt, sind als Beimengungen zur Erzielung der Dichtheit in erster Linie Traß, daneben hydraulischer und (weniger gut) Weißkalk in Anwendung. Hier beruht die Wirkung einerseits auf Bildung von Kalksilikaten, andererseits auf einer mechanischen, allmählichen Abdichtung durch Einsinterung von Kalk.

Als Schutzanstriche kommen in Frage Ölfarben, namentlich im Hochbau, Testalin (vgl. S. 90), der imprägnierte Lieboldzement[1]), Schmierseife dem Anmachewasser zugesetzt[2]), ferner die neueren Mittel Ceresit[3]) und Aquabar[4]), deren erstes eine aus Teerstoffen hergestellte Bitumenemulsion, nicht bekannt gegebener Zusammensetzung zeigt, während Aquabar eine gelatineartige, in Wasser lösliche Wasserglasseife darstellt. Endlich sei auch das schon auf S. 553 u. 654 genannte Inertol von Dr. Roth (Frankfurt a. M.) erwähnt, welches sich als ausgezeichnetes Abdichtungsmittel (ähnlich wie Siderosthen-Lubrose S. 552 u. 654) alsdann bewährt hat, wenn das Erhärten und Abtrocknen des Zementkörpers abgewartet werden kann; hier ist die Zuverlässigkeit der Abdichtung leicht zu kontrollieren, eine Verminderung der Betonfestigkeit tritt nicht ein, auch schaden dem Anstriche keine sauren Wässer bzw. Rauch, Moorwasser, organische Zersetzungsprodukte usw.[5]).

Daß naturgemäß auch mit den auf S. 90 bereits ausführlich erwähnten Keßlerschen Fluaten gute Dichtungserfolge zu erzielen sind, sei kurz bemerkt.

---

[1]) Liebolds patent. wasserdichter Zement wird durch Zumischen von Stearin mit wenig Kolophonium und Pottasche zum Portlandzement hergestellt.

[2]) Vergl. u. a.: Versuche mit wasserdichtem Beton von A. Grittner. Arm.-Bet. 1912. Heft 1. S. 13. Zu den guten, dort mitgeteilten Ergebnissen bemerkt Dr. Roth in Arm.-Bet. 1912 H. 6 durchaus richtig: Zusätze von Schmierseifenlösung oder ähnliche Beimischungen zum Beton oder Zement kommen als abdichtende Mittel vorzugsweise gegen neutrale Wässer dann in Betracht, wenn mit der Fertigstellung des Betons oder des Zementputzes auch die Abdichtung beendet sein muß. Dagegen ist dieses Dichtungsverfahren zweckwidrig, wenn die Festigkeit des Zementes nicht herabgesetzt werden darf und die einwirkenden Wässer chemisch aggressiv und namentlich sauer sind.

[3]) Ceresit wird geliefert von den Wunnerschen Bitumenwerken Unna i. W.

[4]) Fabrikant: Aquabar G. m. b. H. Berlin. Zu einen cbm Zementmörtel werden etwa 2 kg Aquabar gebraucht.

[5]) Betreffend der Bewährung des Inertol vergl. u. A. Arm.-Bet. Heft 6. 1912. S. 241—243.

Soll ein Zementputz oder dgl. Anstriche von Ölfarbe erhalten, so muß er vollkommen erhärtet, trocken und durch die Einflüsse der Atmosphäre bzw. öfteres Abwaschen an seiner Außenfläche ausgelaugt sein, weil die Alkalien des frischen Zementmörtels die Farben zersetzen; auch hier ist ein Fluatieren von bestem Erfolge, namentlich das Magnesiumfluat. Neuerdings sind auch verschiedene Mittel als Unterstriche auf frischen Zementmörtel und Unterlage für Farbanstriche in den Handel gebracht, so „Bontri", Lapidurit, Preolit, Aphrodin u. a. m. — vergl. auch § 106.

15. Über die Ausbeute der Zementmörtel und die zu 1 cbm Mörtel notwendigen Rohstoffe gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

1 Zement + 1 Sand + 0,50 Wasser = rd. 1,6 Mörtel.
Erfordert wird an Zement 960 kg, an Sand 680 l, an Wasser 250 l
1 Zement + 2 Sand + 0,53 Wasser = rd. 2,2 Mörtel.
Erfordert wird an Zement 700 kg, an Sand 980 l, an Wasser 240 l
1 Zement + 3 Sand + 0,64 Wasser = rd. 2,9 Mörtel.
Erfordert wird an Zement 490 kg, an Sand 1040 l, an Wasser 230 l
1 Zement + 4 Sand + 0,80 Wasser = rd. 3,7 Mörtel.
Erfordert wird an Zement 370 kg, an Sand 1050 l, an Wasser 220 l

} für 1 cbm Mörtel.

Die Dichtigkeit dieser Mörtel beträgt in der obigen Reihenfolge: 2,45, 1.26, 0,93 und 0,80.

In gleichem Sinne ergibt die nachfolgende Zusammenstellung für die meist üblichen Betonmischungen die Ausgiebigkeit und die Summe der Einzelbestandteile.

Mischungsverhältnis Z. : S. : St.	Ausbeute an Beton	1 cbm Beton erfordert an Z. (lose) cbm	S. cbm	St. cbm	Kosten für 1 cbm Beton Mark	Verwendungsgebiet
1 : 2 : 4	4,8	0,21	0,4	0,9	30,0	Gewölbe, Pfeiler, Decken
1 : 3 : 4	5,3	0,13	0,6	0,8	28,0	
1 : 3 : 6	6,8	0,15	0,45	0,9	27,5	Fundamente, Widerlager u. dgl.
1 : 4 : 8	8,9	0,12	0,46	0,95	24,0	
1 : 5 : 10	11,4	0,09	0,47	0,93	22,0	Weniger stark belastete Mauern usw.
1 : 3 —	2,9	0,39	1,04	—	21,0	Eisenbetonbau
1 : 4 —	3,7	0,32	1,05	—	18,0	

Der Wasserbedarf ist verschieden, je nachdem der Beton erdfeucht oder plastisch weich) ist, vgl. S. 664.

Die Kosten der Rohmaterialien kann man annähernd danach schätzen, daß 1 t Portlandzement (120 l) etwa 6,00—6,50 Mk., 1 cbm Sand 4—5 Mk., 1 cbm Steine 6—8 Mk., 1 cbm Grubenkies etwa 6 Mk. kosten.

Die Hauptanwendungsgebiete des Portlandzementes

erstrecken sich auf seine Benutzung als Mauermörtel, Putzmörtel und Beton.

Zu **Mauermörtel,** der meist im Verhältnis 1 : 3 bis 1 : 4 gemischt wird, ist scharfer, gemischt-körniger Sand zu verwenden, der frei von organischen, namentlich torf- oder humusartigen Stoffen ist und nur geringe Beimengungen von Lehm oder Ton enthält; daß letztere Bestandteile durchaus schädlich sind, wenn sie an der Oberfläche der ein-

zelnen Sandkörner festhaften, wurde schon auf S. 653 erwähnt. Derartige Sande sind vor ihrer Verwendung unbedingt durch Waschen zu reinigen.

Ein Mischungsverhältnis von 1 : 2 wird nur alsdann angewendet, wenn eine besonders hohe Festigkeit der Mauerfuge verlangt, oder — wie bei Estrichen — eine hohe Widerstandskraft gegen Abnutzung gefordert wird; auch empfiehlt sich eine fette Mischung beim Vergießen der Fugen, da hier sonst bei hohem Sandzusatze eine Trennung der spezifisch verschieden schweren Mörtelbestandteile, bevor der Mörtel erhärtet ist, zu befürchten steht.

Wie erwähnt, ist das normale Mischungsverhältnis 1 : 3—1 : 4; man kann hier nach Erhärtung von 28 Tagen mit Zugfestigkeiten von rd. 20 kg/qcm und Druckfestigkeiten von etwa 240 kg/qcm, also einem gegenseitigen Verhältnisse von 1 : 12 rechnen. Bei der Mörtelherstellung wird in der Art verfahren, daß auf die genau abgemessene Menge Sand der zu ihr gehörende Zement aufgestreut und mit ersterem so lange trocken vermischt wird, bis das Gemenge von durchaus gleichmäßiger Farbe ist; erst alsdann wird das reine, von organischen Verunreinigungen und Salzen freie Wasser zugefügt, dessen Menge sich zwar in engen Grenzen nach der Witterung richtet, d. h. bei heißem Wetter größer ist als bei kühler Witterung, im allgemeinen aber so groß gewählt wird, daß ein steifer Mörtel entsteht. Dieser ist möglichst bald zu vermauern, da er durch längeres Stehen weniger gut, schließlich — in sich abbindend — unbrauchbar wird; aus demselben Grunde ist auf ein gutes Ausarbeiten der Kästen und Vermeidung der Vermengung alten und neu angemachten Mörtels besonders zu achten. Bei höherer Temperatur findet ein schnelleres Abbinden statt als bei tiefer. Unter —5° C treten die zur Erhärtung des Mörtels notwendigen chemischen Reaktionen nicht mehr ein; hier bedarf es daher, wenn man nicht überhaupt vorzieht, mit den Mauerarbeiten auszusetzen, einer Erwärmung des Anmachewassers und der Steine.

An Stelle von Zementmörteln, magerer als 1 : 4, verwendet man zweckmäßiger verlängerten Zement-, d. h. Kalkzementmörtel.

Der gleich dem Mörtel zu mischende und zu behandelnde **Zementputz,** der nur auf vorher gut gesäuberte und mehrfach genetzte, rauhe Flächen aufgebracht werden darf, wird, wenn er den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist, nicht zu fett und mit feinem Sande, bei höherem Gehalt an diesem, auch mit Kalkzusatz hergestellt. Eine zu große Zementmenge befördert die Neigung zur Bildung von Schwindrissen; das gleiche tritt ein, wenn die Unterfläche wasserabsaugend ist und nicht für eine ausreichende Zuführung von Wasser auf die Putzfläche gesorgt wird. Ferner verlangt die Anwendung eines Zementputzes eine gute Isolierung der Mauer gegenüber der Grundfeuchtigkeit, weil sich sonst hinter dem Zementputze Feuchtigkeit bildet und dieser unter Einwirkung des Frostes abplatzt.

Eine vollkommen glatte Oberfläche des Putzes ist nur bei Wasser- und Tiefbauten zweckmäßig, in allen Fällen aber, in denen der Putz an der Luft erhärtet, deshalb nicht günstig, weil durch eine allzu dichte Außenfläche wiederum das Auftreten von Haarrissen befördert wird. Auch empfiehlt es sich, Putzarbeiten in Zement, wenn möglich, nur in den kühleren Jahreszeiten zur Ausführung zu bringen. Über die Mittel, den Putz wasserdicht oder wasserabweisend zu machen, vgl. S. 658 und § 106.

Die Herstellung von **Beton** erfolgt von Hand aus oder durch Maschinenmischung. Letztere ist, wie schon auf S. 647 hervorgehoben wurde, der ersteren überlegen, weil der hierbei erzielte Beton etwa 25—30 v. H. erhöhte Druckfestigkeit aufweist. Über die Herstellung, das Einbringen usw. von Beton sowie die Prüfung der aus diesem hergestellten Bauten, geben die im Jahre 1908 vom Deutschen Ausschusse für

Eisenbeton erlassenen Bestimmungen Auskunft; von ihnen sind nachstehend Auszüge mitgeteilt:

α) Auszug aus den allgemeinen Bestimmungen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton.

Aufgestellt vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton 1908.

Stampfbeton wird erzeugt aus einer stampffähigen Betonmasse erdfeuchter oder weicher Art, der erst durch mehr oder weniger großen Aufwand von Stampfarbeit die zur Erreichung der erforderlichen Festigkeit notwendige Verdichtung gegeben werden muß[1]).

Sofern bei Stützen, Pfeilern usw. die Verhältnisse nicht eine geringere Inanspruchnahme bedingen, darf die Beanspruchung höchstens $^1/_5$ der Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen betragen[2]). Bei Beanspruchung auf Knickung darf die Belastung höchstens $^1/_{10}$ derjenigen Last betragen, welche den Bruch herbeiführen würde. Die Zugfestigkeit des Betons ist bei der Berechnung der größten Druckspannung nicht in Ansatz zu bringen.

Für jeden Bauteil ist die in Rechnung gestellte Druckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen anzugeben.

Sofern der Unternehmer die Baustoffe selbst liefert, ist diese Festigkeit von ihm zu gewährleisten[3]).

Gefordert sind zudem Angaben über die Mischungsverhältnisse des Betons, mit welchen die Festigkeiten erreicht werden sollen; ferner Angaben über den Ursprung, die Beschaffenheit und die Zusammensetzung (z. B. Größe der Anteile von Sand und Kies im natürlichen Kiessandgemenge u. dgl.) der zur Verwendung bestimmten Baustoffe, endlich Angaben über die Bereitungsweise des Betons, ob erdfeucht oder weich, ob Hand- oder Maschinenbeton, über die Art der Mischmaschine und über die größte Höhe der Stampfschichten in den verschiedenen Bauteilen.

Der Unternehmer ist, wenn ihm die freie Wahl der Baustoffe überlassen bleibt, verpflichtet, auf Anfordern des Bauherrn oder der Baupolizeibehörde zur Ergänzung seiner Eingaben, und zwar in der Regel vor Beginn der Bauarbeiten, den Nachweis zu erbringen, daß die vorgesehenen Mischungen mit den vorgesehenen Baustoffen und der

---

[1]) Die Bestimmungen können in vollem Umfange und ohne weiteres zunächst nur für Portlandzementstampfbeton Anwendung finden, denn nur für einen solchen Stampfbeton liegen bisher die ausreichenden Erfahrungen und Untersuchungen vor, um solche allgemein gültigen Regeln für seine Bereitung und Verarbeitung aufzustellen.

Wie weit diese Regeln auch auf andere Bindemittel anwendbar sind, bedarf noch besonderer Festsetzung von Fall zu Fall.

[2]) Unter Druckfestigkeit ist hier und im folgenden die Druckfestigkeit von Würfeln zu verstehen, welche nach Maßgabe der „Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten aus Stampfbeton“ vom Jahre 1908 angefertigt und geprüft worden sind (vgl. diese auf S. 667 u. ff.).

[3]) Auf die Festigkeit des Betons sind — abgesehen vom Mischungsverhältnis — von wesentlichem Einfluß: die Eigenschaften der Baustoffe, die Beschaffenheit und Menge des Wassers, die Art der Bereitung und der Verarbeitung der Betonmasse, die Behandlung des frischgestampften Betons und die Bedingungen, unter welchem er erhärtet, schließlich die Steifigkeit der Rüstungen, die Zuverlässigkeit der Arbeiter und der Aufsicht.

Nach dem Mischungsverhältnis allein, wie es bisher üblich war, darf daher die Güte eines Betons nicht bewertet werden; die Bewertung muß vielmehr in erster Linie nach der Druckfestigkeit erfolgen.

vorgesehenen Verarbeitungsweise die verlangten und gewährleisteten Druckfestigkeiten ergeben[1]).

Gelingt es dem Unternehmer nicht, die gewährleistete Druckfestigkeit nachzuweisen oder innezuhalten, so hat er, falls nichts anderes vereinbart ist, auf eigene Kosten durch geeignete Maßnahmen für Erzielung der erforderlichen Festigkeit Sorge zu tragen und den Nachweis des Erfolges zu führen.

Bereits fertiggestellter, minderwertiger Beton muß vom Unternehmer auf eigene Kosten wieder entfernt werden, falls nichts anderweitiges mit dem Bauherrn vereinbart wird.

Bei Frostwetter darf nur dann betoniert werden, wenn schädliche Einwirkungen des Frostes durch geeignete Maßnahmen ausgeschlossen werden. Gefrorene Baustoffe dürfen nicht verarbeitet werden.

Der Unternehmer von Betonbauten darf die unmittelbare Leitung derartiger Bauten nur solchen Leuten übertragen, welche diese Bauart gründlich kennen.

Alle Arbeiten müssen unter Leitung von geschulten, zuverlässigen Vorarbeitern verrichtet werden. Ein solcher Nachweis ist auf Erfordern zu erbringen.

Zement. Der Zement muß den Anforderungen der für Portlandzement geltenden Normen, besonders hinsichtlich der Raumbeständigkeit, Feinheit der Mahlung und Größe der Zug- und Druckfestigkeit entsprechen.

Raschbindender Zement, sogenannter Schnellbinder, darf zum Stampfbeton — von Ausnahmefällen abgesehen — nicht verwendet werden[2]).

Sand, Kies und sonstige Zuschläge. Im Sinne dieser Bestimmungen ist zu verstehen:

unter Sand: Gruben-, Fluß-, See-, Brech- oder Quetschsand usw. bis zu 7 mm Korngröße, auch können Schlackensand (gekörnte Hochofenschlacke geeigneter Zusammensetzung), Bimssand, Bimskies ebenfalls verwendet werden;

unter Kies: Kiesgraupen, Kiessteine, Kiesel, Hochofenschlacke, Bimskies von 7 mm Korngröße aufwärts bis 70 mm größter Abmessung;

unter Kiessand: das natürliche Gemenge von Sand und Kies, wie es sich in Gruben und in den Betten von Gewässern vorfindet;

unter Steingrus: zerkleinertes Gestein zwischen 7 und 25 mm;

unter Steinschlag: von Hand oder mit der Maschine zerkleinertes Gestein zwischen 25 und 70 mm größter Abmessung[3]).

---

[1]) Zur Beibringung des Beweises durch Druckversuche mit 28 Tage alten Probewürfeln aus den vorgesehenen Baustoffen bedarf es in der Regel einer Zeit von mindestens 5 bis 6 Wochen. Häufig wird eine solche Frist zwischen der Ausschreibung und der Eingabe der Angebote oder der Zuschlagserteilung nicht zur Verfügung stehen. In derartigen Fällen wird unter Umständen schon ein Druckversuch mit 14 Tage alten Betonwürfeln einen Schluß auf die nach 28 Tagen zu erwartende Festigkeit gestatten; außerdem muß aber der Nachweis mit 28 Tage alten Probewürfeln erbracht werden.

[2]) Das Abbinden wird beeinflußt durch die Wärme und Feuchtigkeit der Luft und die Wärme der zur Verwendung gelangenden Stoffe. Hohe Temperatur beschleunigt, niedrige verzögert das Abbinden.

In der Regel werden schnellbindende Zemente nach längerer Lagerung langsambindend; andererseits hat man beobachtet, daß langsambindende Zemente zu raschbindenden werden können. Es ist daher notwendig, vor der Verarbeitung nochmals Abbindeproben anzufertigen, um festzustellen, daß der auf der Baustelle lagernde Zement bei der Verarbeitung zu Beton langsam abbindet.

Bei Wasserandrang ist die Verwendung von schnellbindendem Zement vielfach erforderlich.

[3]) Die als Zuschlag verwendeten Baustoffe sollen in der Regel mindestens die gleiche Festigkeit besitzen wie der erhärtete Mörtel des Betons. Weiche Gesteine und schwach gebrannte Ziegelsteine

Sand, Kies und sonstige Zuschläge (sog. Schotter, Steinschlag, Klarschlag usw.) dürfen Beimengungen pflanzlicher Stoffe oder andere Verunreinigungen nicht enthalten[1]).

Zur Erzielung eines dichten Betons ist es erforderlich, daß Sand, Kies, Steingrus und Steinschlag gemischtkörnig sind, d. h. Stücke verschiedener Form und Korngröße in entsprechender Menge enthalten.

Größere druckfeste Steine können in Mengen bis zu 40 v. H. in den Beton eingebettet werden, sofern Zweck, Art und Abmessungen des Baukörpers dies zulassen und für eine sachgemäße Verteilung solcher Einlagen innerhalb des Betonkörpers, sowie für Verwendung ausreichend weicher Betonmasse zur Erzielung einer vollständig dichten Umschließung dieser Einlagen Sorge getragen wird.

Wasser. Das zu verwendende Wasser darf Stoffe, welche die Erhärtung des Betons beeinträchtigen, nicht enthalten. Bestehen Zweifel, so ist die Brauchbarkeit des Wassers vor der Verwendung durch Versuche festzustellen.

Betongemenge. Die Menge der einzelnen Bestandteile an Mischgut ist in jedem Falle vom Unternehmer anzugeben.

Auch sind Vorkehrungen zu treffen, die es ermöglichen, die Innehaltung dieses Mischungsverhältnisses jederzeit zu prüfen.

Sofern die Messung des Zements nach Raumteilen erfolgt, gilt als Voraussetzung, daß der Zement ohne Fall in das Maßgefäß eingeschüttet (nicht eingerüttelt) wird.

Zur Umrechnung von Raumteilen auf Gewichtsteile ist das Durchnittsgewicht des Portlandzementes mit 1400 kg/cbm anzunehmen.

Bei Benutzung von Maßgefäßen muß die Füllung in stets gleicher Weise bewirkt werden, damit die Massen möglichst immer dieselbe Dichtigkeit der Lagerung in den Gefäßen annehmen.

Kiessand und gemischter Steinschlag können in vielen Fällen in ungetrenntem Zustande verarbeitet werden. Es muß dann aber durch Siebproben bestimmt werden, in welchem Verhältnis zueinander Sand und Kies bzw. Steinschlag in dem Kiessand oder gemischten Steinschlag vorhanden sind. Durch entsprechenden Zusatz von Sand oder Kies bzw. Steinschlag ist das vorgesehene Mischungsverhältnis herzustellen.

Bei Herstellung von Beton, welcher zu statisch hoch beanspruchten Bauten verwendet werden soll, oder bei einem in der Zusammensetzung sehr wechselnden Kiessand wird im Einzelfalle zu entscheiden sein, ob seine vollständige Trennung in Sand und Kies notwendig erscheint[2]).

---

sind zu Stampfbeton nicht geeignet. Schlacke und ähnliche Materalien besonders zu prüfen, ist ratsam. In Flußkiessand enthaltene Kohlenteile können schädlich wirken.

[1]) Es läßt sich keine erschöpfende, allgemeine Bestimmung treffen, wie die Baustoffe beschaffen sein müssen, aus denen der Beton hergestellt wird. Das Hauptgewicht ist darauf zu legen, daß mit den verwendeten Baustoffen ein Beton von möglichst hoher, jedenfalls aber ausreichender Festigkeit erzielt wird.

Lehm, Ton und ähnliche Beimischungen wirken schädlich auf die Festigkeit des Betons, wenn sie am Sand und Kies fest haften. Sind sie im Sand fein verteilt, ohne an den Körpern zu haften, so schaden sie in der Regel nichts, sie können sogar unter Umständen die Festigkeit erhöhen. Im ersten Falle können die Baustoffe zuweilen durch Waschen zum Betonieren brauchbar werden, im zweiten Falle wäre Waschen dagegen vielfach verfehlt.

Über den Wert oder die Schädlichkeit solcher Beimengungen entscheiden in Zweifelsfällen Druckversuche an Betonwürfeln.

[2]) Die Verarbeitung des Kiessandes in ungetrenntem Zustande ist das wirtschaftlichere Verfahren und in den meisten Fällen zulässig. Die vollständige Trennung des Kiessandes mittelst Durchsiebens in Sand und Kies und die Herstellung des Betongemenges nach den im Mischungsverhältnis vorgesehenen Anteilen gewährleistet jedoch allein volle Gleichmäßigkeit des Gemenges und erleichtert

Mischweise. a) Handmischung: Bei Handmischung ist die Betonmasse auf einer gut gelagerten, kräftigen, dicht schließenden Pritsche oder auf sonst ebener, schwer absaugender und fester Unterlage herzustellen. Zunächst sind Sand bzw. Kiessand mit dem Zement trocken zu mischen, bis sie ein gleichfarbiges Gemenge ergeben; dann erst ist der Zuschlag (Kies, Steinschlag), der vorher genäßt und, wenn nötig, gereinigt werden muß, zuzusetzen; das Gemenge ist mit dem zugegebenen Wasser (vgl. Wasserzusatz) so lange weiter zu mischen, bis eine gleichmäßig feuchte Masse entsteht.

b) Maschinenmischung: Hierbei wird das Gemenge zunächst trocken (je nach der Art der Maschine 1/2 bis 1 Minute) und hierauf unter allmählichem Wasserzusatz so lange noch weiter vermengt, bis eine durchaus innig gemischte, gleichmäßig feuchte Masse entsteht[1]).

Sowohl bei Handbeton wie Maschinenbeton kann die Mischdauer dann als ausreichend angesehen werden, wenn die Steine allseitig mit innig gemischtem Mörtel behaftet sind.

Wasserzusatz. Der Zeitpunkt, in welchem während der Herstellung der Betonmasse das Wasser zugegeben wird, ist verschieden bei Hand- und Maschinenmischung, sowie auch abhängig von den Baustoffen.

Je nach der Menge des Wasserzusatzes, welche im übrigen nach der Art der Baustoffe, dem Mischungsverhältnis, der Witterung, dem Feuchtigkeitsgehalt und der Wasseraufnahmefähigkeit der Baustoffe gewählt werden muß, unterscheidet man erdfeuchte und weiche Betonmasse[2]).

Erdfeucht ist eine Betonmasse, die nur soviel Wasser enthält, daß erst nach beendeter Stampfarbeit die Oberfläche des Betons eben anfängt, Wasser abzusondern (zu „schwitzen“) oder unter dem Druck der Finger nachzugeben.

Für eine Betonmasse, die infolge der Eigenschaften des Sandes und der Zuschläge derartige Erscheinungen nach dem Stampfen nicht zeigt, gilt als Merkmal des erdfeuchten Zustandes, daß beim Formen eines Ballens mit der Hand deutlich sichtbare Nässe auf der Handfläche zurückbleibt.

Weich ist eine Betonmasse, deren Wasserzusatz so bemessen ist, dass die Ränder der durch einen Stampfstoß am fertig gestampften Betonkörper hervorgerufenen Vertiefung eine kurze Zeit stehen bleiben und nur langsam verlaufen, so daß eine verdichtende Wirkung von der Stampfarbeit noch erwartet werden kann[3]).

Verarbeitung der Betonmasse. Bei dem Einbringen der Betonmasse ist darauf zu achten, daß die Gleichmäßigkeit der Mischung erhalten bleibt. Gröbere Zuschlagteile, die sich abgesondert haben, sind vor dem Stampfen mit dem Mörtel wieder zu vermengen.

Die Betonmasse darf in die Verwendungsstelle (Baugrube, Verschalung) nur schichtweise und nur in solcher Höhe eingebracht werden, daß die Dicke der fertig gestampfen Schichten folgende Maße in der Regel nicht überscheitet:

---

die Prüfung. Da dieses Verfahren aber hohe Kosten verursacht, so müssen, wenn solches verlangt wird, entsprechende Vorschriften schon bei der Ausschreibung gegeben werden.

1) Maschinenbeton ist dem Handbeton bei sonst gleichen Bedingungen stets überlegen.

2) Bei trockener und heißer Witterung ist mehr Wasser erforderlich als bei kühlem und feuchtem Wetter. Bei Arbeiten in feuchten Baugruben wird eine Beschränkung des Wasserzusatzes stattfinden müssen, in stark absaugendem Boden Erhöhung des Wasserzusatzes und vorheriges Annässen des Bodens.

3) Wann erdfeuchter und wann weicher Beton vorzuziehen ist, ist von Fall zu Fall zu entscheiden.

bei erdfeuchtem Stampfbeton je nach der Beanspruchung 15 bis 20 cm,
bei weichem Stampfbeton je nach der Beanspruchung 20 bis 30 cm.

In diesen Grenzen ergibt die geringere Schichthöhe die höhere Festigkeit.

Die einzelnen Schichten sollen, wo es die Bauausführung gestattet, rechtwinklig zu der im Bauwerk auftretenden Druckrichtung eingelegt werden und, wo dies nicht möglich ist, gleichlaufend mit der Druckrichtung[1]).

Sie müssen in der Regel frisch auf frisch verarbeitet werden, damit ein ausreichend festes Binden der Schichten untereinander eintritt.

Die Oberfläche muß durch Abkehren mit Stahlbesen aufgeraut werden.

Treten frische Stampfschichten mit bereits abgebundenen in Berührung, so muß für ausreichend festen Zusammenschluß der Betonmassen gesorgt werden. Neben einer geeigneten Gliederung der in Betracht kommenden Betonkörper selbst wird hierfür empfohlen, unmittelbar vor Aufbringung der frischen Betonmasse die Verbindungsfläche mit Stahlbesen naß und scharf abzukehren und mit einem dünnen Zementbrei einzuschlämmen. Bei Verarbeitung steinreicher Betonmasse empfiehlt sich außerdem das Einbringen einer dünnen Schicht weichen Mörtels von mindestens gleicher Mischung wie der Mörtel des Betons.

Beim Stampfen sind quadratische oder rechteckige Stampfer von 10 bis 16 cm Seitenlänge und 10 bis 17 kg Gewicht zu verwenden.

Die Größe der aufzuwendenden Stampfarbeit wird bedingt durch die zu erzielende Festigkeit und durch die Art der Betonmasse (erdfeucht oder weich)[2]).

Besondere Sorgfalt ist auf das Stampfen der Ecken und Außenseiten (längs der Verschalung) zu verwenden.

Die einzelnen Stampfflächen sollen sich etwas überdecken.

Bei steinreichem, erdfeuchtem Stampfbeton empfiehlt es sich, zwischen den Stampfgängen die Oberfläche abzukehren und den losgetrennten Mörtel in die Hohlräume zu verteilen.

Die Betonmasse muß unter allen Umständen vor Beginn des Abbindens verarbeitet werden. Sie darf selbst in Ausnahmefällen bei warmer und trockener Witterung nicht länger als eine Stunde, bei kühler bzw. nasser Witterung nicht länger als zwei Stunden unverarbeitet liegen bleiben.

Nicht sogleich verarbeitete Betonmasse muß vor Witterungseinflüssen, wie Sonne, Wind, starkem Regen usw. geschützt, außerdem vor dem Einbringen in die Verwendungsstelle nochmals umgeschaufelt werden.

---

[1]) Das Stampfen in der Druckrichtung sichert eine gleichmäßige Zusammenpressung der Betonmasse im ganzen Querschnitt und ist daher in erster Linie anzustreben. Wo dies jedoch praktisch nicht möglich ist, oder wo die Güte der Stampfarbeit bei Einhaltung dieser Stampfrichtung leiden würde (z. B. bei einem flachen Gewölbe), ist auf alle Fälle darauf zu achten, daß die auftretenden Kräfte nicht verschiebend auf die einzelnen Schichten wirken können.

[2]) Erdfeuchte Betonmasse erfordert höheren Aufwand an Stampfarbeit und größere Sorgfalt als weiche Betonmasse; dafür liefert sie aber bei gleichem Zementzusatz im allgemeinen eine höhere Festigkeit als die weiche Masse. Bei erdfeuchter Betonmasse ist die Grenze des Stampfens in der Regel erreicht, wenn ein Zusammenpressen nicht mehr stattfindet oder die Masse plastisch wird oder Wasser ausscheidet.

Nicht immer kann der Austritt von Wasser herbeigeführt werden, da die besonderen Eigenschaften der Baustoffe hierbei mitsprechen.

Bei weicher Betonmasse kann zu langes Stampfen Entmischen herbeiführen, also schädlich wirken.

Bei bereits in die Verwendungsstelle eingebrachter Betonmasse muß die Verarbeitung unter allen Umständen ohne Unterbrechung bis zur Beendigung des Stampfens durchgeführt werden.

Die Schalungen müssen so stark sein, auch so fest verbunden und unterstützt werden, daß eine genaue Herstellung der Betonkörper in den beabsichtigten Formen gewährleistet ist und schädliche Erschütterungen während des Stampfens oder Formänderungen der gestampften Teile nicht entstehen können[1]).

Während des Baues muß in allen Bauteilen stets eine mindestens fünffache Sicherheit gegenüber den jeweils wirkenden Kräften vorhanden sein.

Die Fristen, welche zwischen der Beendigung des Stampfens und dem Ausrüsten (d. i. vorsichtige Entfernung von Stützung und Schalung) liegen müssen, sind von der Art, Größe und Beanspruchung des Betonkörpers und von der Witterung abhängig. Es darf erst ausgerüstet werden, wenn im Bauwerk für die jeweilige Belastung genügende Sicherheit vorhanden ist.

Tritt während der Erhärtungsdauer Frost ein, so sind die Ausrüstungsfristen mindestens noch um die Dauer des Frostes zu verlängern.

Baukörper aus Stampfbeton müssen nach Beendigung des Stampfens in geeigneter Weise gegen Beschädigungen, sowie gegen Einwirkungen geschützt werden, welche auf die Erlangung der erforderlichen Festigkeit von nachteiligem Einfluß sein können.

Damit dem Beton das zur Erhärtung nötige Wasser nicht vorzeitig entzogen wird, müssen Sonnenschein und Wind in den ersten Tagen möglichst abgehalten werden (Belassen in der Schalung, Bedecken mit einer Sandschicht, mit Säcken, Brettern u. dgl.); zeitweises Annässen ist erforderlich.

Frischer Beton ist gegen Einwirkung von Frost zu schützen[2]).

Die Feststellung der geforderten Festigkeit während des Baues erfolgt durch Druckversuche mit Probekörpern. Maßgebend für die Anfertigung und Prüfung der Probekörper sind die „Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten aus Stampfbeton“ vom Jahre 1908 (vergleiche diese).

Die Prüfung nach Beendigung der Ausführung muß vornehmlich umfassen:

1. die Feststellung ausreichender Erhärtung der Bauteile vor ihrer Ausrüstung;
2. die Feststellung, ob sämtliche Bauteile nach der Ausrüstung unversehrt sind;
3. die Feststellung, daß die erforderlichen Stärken vorhanden sind;
4. unter Umständen die Feststellung der Tragfähigkeit durch Vornahme von Belastungsproben.

---

[1]) Damit größere Brückengewölbe während des Baues infolge des unvermeidlichen Setzens und Einbiegens der Gerüste keinen Schaden erleiden, ist entweder der Betonkörper in mehreren durch ausreichend breite Zwischenräume getrennten, senkrecht zur Druckrichtung liegenden Teilen herzustellen, die zuletzt durch Ausfüllen der Zwischenräume mit Beton zu dem planmäßigen, einheitlichen Körper vereinigt werden, oder es müssen die Gerüste vor der Aufbringung des Betons eine Belastung erhalten, die nach Verteilung und Größe ungefähr mit der des fertigen Betonkörpers übereinstimmt und entsprechend dem Fortschreiten der Arbeit nach und nach beseitigt wird. Unter Umständen kann auch die Verbindung beider Maßregeln nützlich sein.

[2]) Annässen von ungeschütztem, frischem Beton, welcher durch die Sonne stark erwärmt ist, wirkt schädlich.

Durch das Bedecken des Betons bei Frost wird die beim Abbinden entstehende Eigenwärme zusammengehalten.

Hinsichtlich der Art und des Umfanges solcher Probebelastungen wird auf das bei Bauten sonst Übliche verwiesen[1]).

Belastungsproben sind stets vorzunehmen, wenn begründeter Verdacht vorliegt, daß Bauteile nicht einwandfrei hergestellt oder daß sie durch Einflüsse irgendwelcher Art in ihrer Tragfähigkeit beeinträchtigt sind.

Die Belastungsproben dürfen erst stattfinden, wenn ausreichende Erhärtung des Betons vorausgesetzt werden kann.

β) Auszug aus den Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten aus Stampfbeton.

Aufgestellt vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton 1908.

Die Probekörper müssen mit Baustoffen gleicher Art, gleicher Aufbereitung, gleichen Feuchtigkeitsgehalts hergestellt werden, wie es für den Beton des Bauwerks oder Bauteils in Aussicht genommen ist oder zur Ausführung kommt.

Die zur Kontrolle der Bauausführung bestimmten Probekörper sind demnach in der Regel aus der zum Einbringen in die Verwendungsstelle am Bau fertigen Betonmasse herzustellen, und zwar an einem vor Regen, Zugluft, Kälte und strahlender Wärme geschützten Orte.

Für jede Versuchsreihe sind in der Regel drei Körper in unmittelbarer Arbeitsfolge zu erzeugen.

Zur Herstellung der Probekörper sind eiserne Würfelformen von 300 mm Seitenlänge zu verwenden.

Zum Stampfen sind quadratische Normalstampfer von 12 cm Seitenlänge und 12 kg Gewicht zu benutzen.

Zur Führung des Stampfers an den Wandungen der Form, sowie zum Halten der überstehenden Betonmasse dient ein eiserner, 30 cm hoher Rahmen, welcher auf die Form mit deren Innenflächen bündig aufgesetzt wird.

Die Anfertigung der Würfel muß an einem von der Lagerstelle der bereits fertigen Würfel entfernten Platz erfolgen, damit die Erschütterungen auf die frisch gestampften Würfel nicht einwirken können; die Würfelform ist auf eine etwa 3 cm hohe Sandunterlage zu stellen.

Die Betonmasse ist in zwei Schichten von gleicher Höhe einzulegen.

Bei grober und steinreicher Betonmasse empfiehlt es sich, um am Würfelkörper dichte Kanten und Ecken zu erzielen, vor dem Einlegen der Betonmasse an den Kanten der Form am Boden etwas Mörtel vorzulegen, welcher der Betonmasse zu entnehmen ist.

Jede Schicht ist zunächst zu ebnen. An den Wandungen der Form muß mit einem passenden Gerät (Kelle) hinuntergestochen werden, um an den Wandungen etwa festanliegende Steine herabzudrücken und die Bildung von Nestern oder Hohlräumen zu verhindern.

Jede Schicht ist mit möglichst der gleichen Stampfarbeit herzustellen, wie sie beim Bau angewandt wird oder zur Anwendung gelangen soll.

---

1) Im allgemeinen genügt es, die bei den Probebelastungen aufzubringende Auflast etwas höher als die Nutzlast — etwa um das Maß, das dem Einfluß der Erschütterungen durch die bewegte Verkehrslast entspricht — anzunehmen. Es empfiehlt sich, die Tragfähigkeit des Bauwerkes weniger durch übergroß gesteigerte Auflast, bei der einzelne Bauteile leicht Schaden nehmen können, als durch Beobachtung der Formänderungen und deren Vergleich mit den rechnungsmäßigen zu prüfen.

Wie beim Bauwerk darauf zu achten ist, daß das Stampfen der einzelnen Schichten am besten reihenweise erfolgt, so wird auch bei Herstellung der Probekörper zweckmäßig nach Abb. 14 verfahren.

Vor dem Einbringen der zweiten Schicht muß, um eine gute Verbindung der Schichten zu erzielen, die Oberfläche der ersten Schicht aufgerauht werden; schließlich ist die Oberfläche mittelst stählernen Lineals abzuziehen und zu ebnen.

Jeder Probekörper ist mit der Bezeichnung des Anfertigungstages und einer Erkennungsmarke zu versehen.

Die Probekörper sollen mindestens 24 Stunden in der Form verbleiben. Alsdann sollen nach Entfernung der vier Seitenwände der Form die fertigen Betonkörper entweder erst noch weitere 24 Stunden auf der Formplatte ruhen oder, bei genügender Erhärtung, gleich auf derselben nach einem geschlossenen frostfreien Lagerraum verbracht und hier auf eine mindestens 10 cm starke feuchte, erd- und lehmfreie Sandschicht mit 10 cm Abstand voneinander vorsichtig aufgelegt werden. Die Zwischenräume zwischen den abgelagerten Körpern sind mit ebensolchem Sande auszufüllen; über die Körper ist eine gleiche Deckschicht zu breiten. Der Sand muß während der Lagerungsdauer feucht erhalten werden.

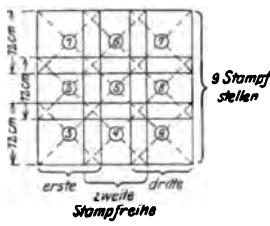


Abb. 14.

Bei Platzmangel können auf derart abgelagerte Reihen Betonkörper bis zu vier weiteren Schichten aufgesetzt werden.

In diesem Lager sollen die Probekörper bis zur Druckprüfung verbleiben. Beim Versand müssen sie in feuchtes Sägemehl verpackt werden.

Sofern von einer Lagerung der Probekörper unter feuchtem Sand — wie vorstehend beschrieben — Abstand genommen wird, müssen Lagerung und Behandlung der Probekörper möglichst den Bedingungen entsprechen, denen der Beton am Bau unterworfen ist.

In die Niederschrift über die Anfertigung und Prüfung der Probekörper sind Angaben über Temperatur, Witterung und die Art der Lagerung einzutragen.

Die Prüfungen sind in der Regel 28 Tage nach der Herstellung der Probekörper auszuführen. Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, eine Prüfung bereits 7 Tage nach der Herstellung der Probekörper vorzunehmen; die Prüfung nach 28 Tagen muß auch in diesen Fällen erfolgen. Für etwaige weitere Proben sind Fristen von 90 Tagen, 1, 2 und 5 Jahren üblich.

Vor der Prüfung sind das Gewicht und die Abmessungen der Körper festzustellen.

Die Druckfestigkeiten sind auf Maschinen zu ermitteln, die zuverlässig auf ihre Richtigkeit geprüft werden können. Erfolgt die Messung des Druckes durch Federmanometer, so sind zwei Manometer oder ein Doppelmanometer anzuordnen.

Der Druck kann in der Stampfrichtung oder senkrecht zur Stampfrichtung ausgeübt werden. Vor der Prüfung ist festzustellen, ob die Druckflächen eben und parallel sind. Unebene und nicht parallele Flächen sind mit Zement oder Zementmörtel dünn abzugleichen: die aufgebrachte Abgleichschicht soll bei der Prüfung annähernd die Festigkeit des Betonkörpers haben.

Die Drucksteigerung hat langsam und stetig zu erfolgen, ungefähr derart, daß in der Sekunde die Belastung um 1 kg/qcm wächst. Der Höchststand des Manometers bestimmt die erreichte Druckfestigkeit.

Maßgebend ist der Mittelwert aus den Festigkeitszahlen einer Versuchsreihe (in der Regel drei Probekörper).

Neben den Druckversuchen auf der Baustelle können auch vergleichende, gleichartige Untersuchungen im Laboratorium durchgeführt werden, worüber ebenfalls Normen im Deutschen Ausschuß für Eisenbeton aufgestellt sind, die bezüglich der Anfertigung der Proben usw. den vorstehend mitgeteilten Bestimmungen sich anpassen. Als Maschine zur Anfertigung der Proben wird die Maschine Bauart Hüser sowie die Schmidtsche Betonstampfmaschine empfohlen.

Eine zentrale Herstellung von Beton in fabrikmäßigem Großbetriebe erfährt der von Reg.-Baumeisters Magens in Hamburg eingeführte Transportbeton, welcher sich dort bestens bewährt hat. Da infolge künstlicher Abkühlung der Rohmaterialien in heißer Zeit und des Durchrüttelns während der Fahrt in eisernen Kastenwagen von der Fabrik aus zur Baustelle das Abbinden des Betons verhindert wird, und dieser somit eine Zeit von mehreren Stunden, ohne hierbei zu leiden, vor seinem Einstampfen transportiert werden kann, ist dieser Art Beton der Name Transportbeton gegeben worden. Wie Versuche — namentlich in Hamburg — gezeigt haben, geht bei ihm gegenüber einem unmittelbar auf der Baustelle erzeugten, gleichartigen Beton die Festigkeit nicht zurück. Das, namentlich in Großstädten mit ihren, im Raum oft beschränkten Baustellen wirtschaftliche Verfahren ist bisher fast nur in Hamburg — wenn auch hier in großem Maßstabe — durchgeführt worden.

Über die Verwendung von Zementbeton zur Herstellung von Kunststeinen vgl. die S. 162—175 in Teil II. 1. Kapitel IV, § 15—17.

Von besonderen **maschinellen Vorrichtungen zur Erzeugung und Mischung von Zementmörtel** und namentlich **Beton** kommen neben den bereits auf S. 77 u. 120 er-

Abb. 15.

Rüttelsieb-Kies-Sortiermaschine. System Bünger.

wähnten Steinbrechern im besonderen Sand- und Kies-, Sieb- und Waschmaschinen, dann Mischmaschinen in Frage; auf sie soll nachfolgend kurz eingegangen werden.

Die Sand- bzw. Kies-, Sieb- und Sortiermaschinen sind entweder durch die Drehung eines Exzenters hin und her bewegte Rüttelsiebe — Abb. 15[1]) — oder sich drehende Sortiertrommeln — Abb. 16[1]). In letzterem Falle sind die Siebbleche in Kegelform angeordnet, sich um eine wagerechte oder wenig schräg liegende Achse drehend.

[1]) Ausführungen der Baumaschinenfabrik Bünger A. G. Düsseldorf.

In Fällen, in denen die zu siebenden Stoffe von anhängendem Ton u. dgl. befreit werden sollen, kann gleichzeitig mit dem Sortieren durch Einspritzen von Wasser unter Druck auch ein Waschen vorgenommen werden.

Das Waschen von Schotter, Kies und Sand im allgemeinen kann in einfachster Weise mit Hilfe von Transportwagen, Karren u. dgl. erfolgen, deren Boden, unter Umständen auch Seitenwände durchlocht sind. Unter Verwendung eines kräftigen Wasserstrahles werden hier die Kies- usw.-Massen ausreichend durchspült.

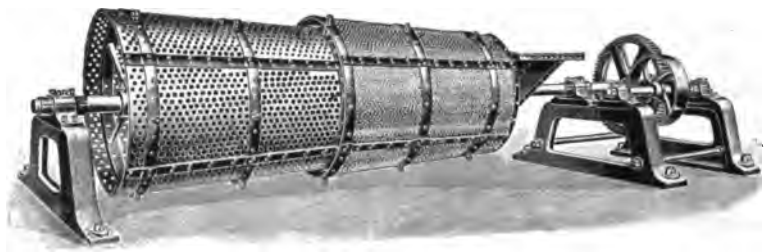


Abb. 16.
Sortiermaschine für Schotter, Kies und Sand. System Bünger.

Die demselben Zwecke dienenden Waschmaschinen benutzen i. d. R. geneigte Trommeln, in welche unreiner Sand und Kies auf der einen Seite eingebracht werden, um unter reichlicher Durchspülung mit Wasser auf der anderen Seite in gereinigtem Zustande wieder auszutreten. Die meisten der hierher gehörenden Anordnungen beruhen auf dem Grundsatze des Gegenstromes, d. h. Sand und Spülwasser gehen in entgegengesetzter Richtung durch die Maschine hindurch. Hierbei kann der Sand, von unten in die Maschine eintretend, durch eine Transportschnecke nach dem oberen Ende zu bewegt werden, während das Spülwasser von oben her zufließt, oder der Sand, — weniger gut — wird oben eingebracht und das Wasser unten zugeleitet; alsdann findet die Durchmischung mit Hilfe von Armen statt, die im Innern der sich drehenden Trommel an diese angeschlossen sind. In beiden Fällen kommt der reine Kies oder Sand am Ende seines Durchganges mit dem reinsten Wasser in Berührung. Um das Rohmaterial mit genügender Kraft durchspülen zu können, ist ein Betriebsdruck von 1½–2 Atm. erwünscht.

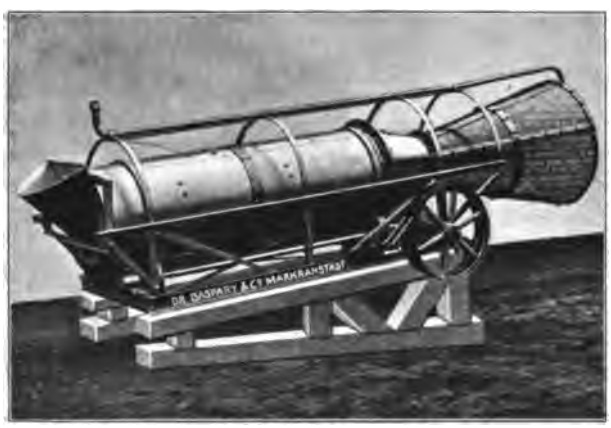


Abb. 17.
Kieswasch- und Sortiermaschine mit Gegenstromprinzip. System Gaspary.

Während sich für unreinen Kies und Schotter derartige Maschinen in der Praxis als ausreichend erwiesen haben, empfiehlt es sich, beim Reinigen kiesiger Sande an die normale Reinigungsmaschine noch einen Trog mit sich ständig erneuerndem Wasser anzuschließen. Oft ist zudem an die Waschmaschine eine Sortiervorrichtung angefügt. Maschinen dieser Art, ohne und mit Trog, zeigen die Abbildungen 17 und 18 (Bauart Gaspary-Leipzig).

Während die Waschmaschine in Abb. 17 in der Hauptsache aus einem wasserdicht genieteten, konischen, durch Kegelräderantrieb gedrehten Zylinder besteht, in den eine

mit Durchbrechungen versehene Transportschnecke eingebaut, und an dessen oberem Ende eine Sortiertrommel angeschlossen ist, wird in Abb. 18 an die Waschtrommel ein Trog mit ständig zulaufendem Wasser angefügt, der den unteren Teil der, an die Waschmaschine unmittelbar, angeschlossenen konischen Sortiertrommel umgibt. Hier siebt sich der feine Sand aus dem durch den Gegenstrom gewaschenen Material aus und gelangt in das Wasser des Troges. Außen an der Sortiertommel angenietete Aufrührer und Mit-

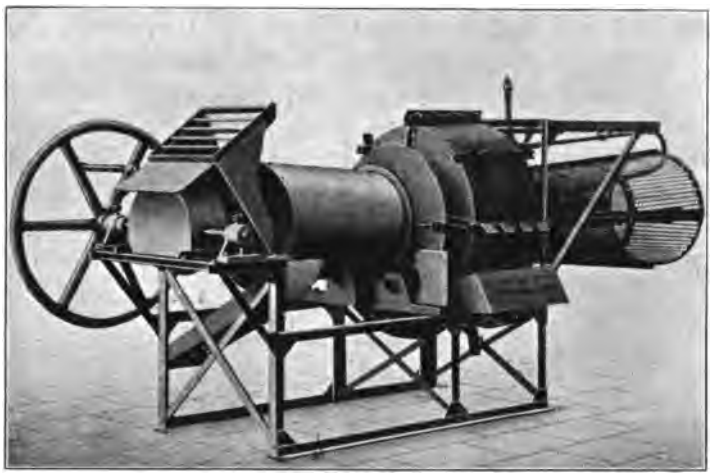


Abb. 18.
Sand- und Kieswasch- und Sortiermaschine mit Gegenstromprinzip und Waschtrog. System Gaspary.

nehmer bewegen das Material kräftig hin und her und heben einen Teil desselben von Zeit zu Zeit heraus. Die Mitnehmer sind gelocht, damit nicht unnötig viel Wasser zugleich mit dem Sande aus dem Troge entnommen wird. Das gröbere kiesige Material gelangt in den Sortierkegel und wird hier durch verschiedene Lochungen der Wandung in zwei Korngrößen getrennt, während die gröbsten Teile vorn vor der Maschine heraus-

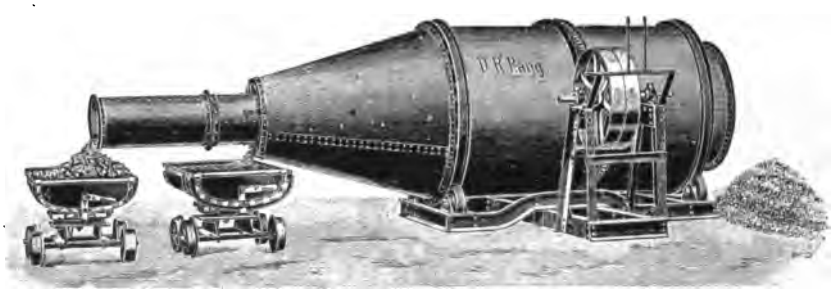


Abb. 19.
Münchner Kies-, Wasch- und Sortiermaschine. System Ratzinger und Weidenkaff.

fallen. Für eine Tagesleistung von 25 cbm ist eine Antriebskraft von 2 PS. notwendig; zur Bedienung reicht 1 Mann aus.

Die gleichen Aufgaben erfüllt auch die in Abb. 19 dargestellte Münchener Kies-, Wasch- und Sortiermaschine der Firma Ratzinger & Weidenkaff, München; auch hier wird der im Rohmaterial enthaltene, feinste Sand ganz rein gewaschen und selbsttätig abgesiebt. Die Materialaufgabe erfolgt von ebener Erde aus durch einfaches Umschütten von Kippkarren, während die Ausläufe von Kies und Sand so hoch liegen, daß Karren

oder Kippwagen gut untergeschoben werden können. Die Maschinen werden bis zu 15 cbm für 1 Tag mit Handbetrieb, von 20—100 cbm tägliche Leistung mit Maschinenantrieb gebaut; es erfordert eine Tagesleistung von 20—30, bzw. 40—60, bzw. bis 100 cbm 2—3, bzw. 4—5, bzw. 6—8 Pferdestärken.

Ein besonderes System stellt die Bauart Excelsior der gleichnamigen Maschinenbauanstalt in Stuttgart dar. Hier erfolgt das Waschen der Materialien nicht durch Überleitung von Wasser, sondern durch Waschung unter Wasser in einem Becken von der Ausgestaltung eines liegenden halben Prismas. Die hierbei auftretende Gefahr, daß der vom gewaschenen Material an das Wasser abgegebene Schmutz sich wieder auf den Kies und Sand niederschlagen könnte, ist dadurch beseitigt, daß sich das Wasser dem Material entgegen bewegt, der schon gewaschene Kies also nur mit reinem Wasser in Berührung kommt. Diese Bewegung wird durch die Form des hohlen Waschzylinders bedingt, dessen Mantel innen und außen schneckenförmig gestaltet ist. Abb. 20 gibt eine Ansicht einer solchen Maschine und zwar einer fahrbaren Anordnung mit elektrischem Antriebe und 20 cbm Tagesleistung. Im allgemeinen werden z. Z. 3 Typen

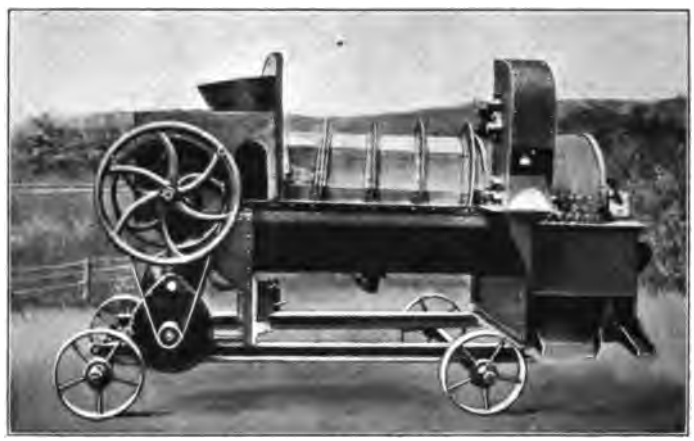


Abb. 20.
Fahrbare Excelsior-Maschine mit elektr. Antriebe.

gebaut: A für wasserklares Waschen von Kies bis 80 mm und Sand bis 8 mm, zugleich Sortierung bis zu 4 Korngrößen, B für nicht wasserklares Waschen, für Sortierung bis auf 0,4 mm herab, C für wasserklares Waschen von Materialien bis zu 8 mm Korngröße.

Bei den Mörtel- und Betonmischmaschinen sind 2 Hauptarten danach zu unterscheiden, ob die Maschinen unterbrochen, d. h. satzweise oder ununterbrochen arbeiten.

I. Zu der ersten Gruppe den satzweise arbeitenden Maschinen gehören:

a) Freifallmischer. In ihnen mischen sich die Materialien durch freien Fall, indem sie in dem geneigt oder senkrecht stehenden, trommelartigen Fallschacht auf schräge Flächen auffallen, von hier wieder abgleiten, von neuem auffallen usw. Es liegt auf der Hand, daß man auf eine gute Mischung nur bei langen Wegen, also hohen Fallmischern rechnen kann; aber auch hier ist das Ergebnis nicht sicher. Deshalb sind die einfachen Freifallmischer auch weniger beliebt und eingeführt, manchmal sogar behördlich abgelehnt. Eine Verbesserung erfahren sie durch Einschaltung einzelner, in gewissen Abständen und in verschiedener Richtung sich drehender Schaufelräder in den

Mischer, die das Mischgut durchrühren und es dann wieder fallen lassen, sodaß Rühr- und Fallwirkung sich addieren (System W. Daum-Miltenberg). Auch kann — Anordnung Gaspary-Leipzig — der Freifallmischer mit einer sich drehenden Mischtrommel vereinigt werden und zwar in der Art, daß in die schräg oder senkrecht stehende Trommel einzelne, mit in verschiedener Richtung stehenden Schlitzen versehene, Böden eingebaut werden. Nach einer $^3/_4$-Drehung fällt das Mischgut durch den kurvenartig geführten Schlitz auf die nächste Plattform, von der es dann nach einer weiteren Drehung der Trommel wieder abgleitet usf. Es ist das Mischgut somit gezwungen, auf einem längeren Wege in Bandform durch die Trommel hindurchzufallen, wodurch die Mischung recht gut beeinflußt wird.

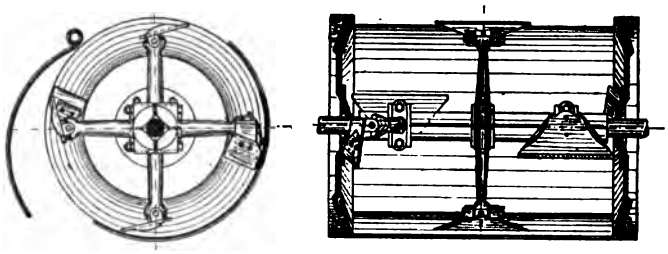


Abb. 21 a. Abb. 21 b.

Mischtrog. System Kunz.

b) Wagerecht liegende Mischtröge, meist in Form von oben offenen und somit eine Kontrolle der Arbeit gut gestattenden Halbzylindern. In diesen Behältern bewegen sich an einer Drehachse angeschlossene Arme, welche den Beton durcharbeiten. Ein geringer Nachteil ist die bei zunächst trockener Mischung eintretende Staubentwickelung. Die Entleerung der Maschinen erfolgt entweder durch Öffnung einer Boden- oder Seitenklappe oder durch Kippen des Mischbehälters um seine wagerechte Achse. — Als Beispiele der sehr verbreiteten und in der Praxis bestens eingeführten und bewährten Bauart seien erwähnt:

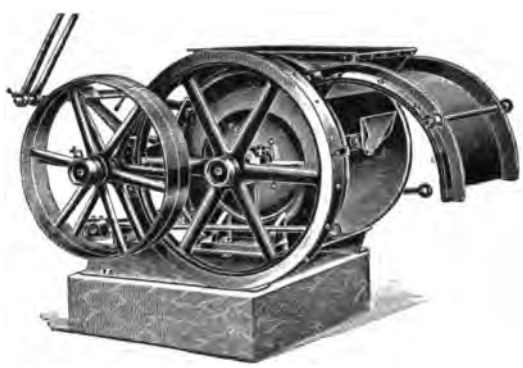


Abb. 22.

Mischtrog. System Kunz.

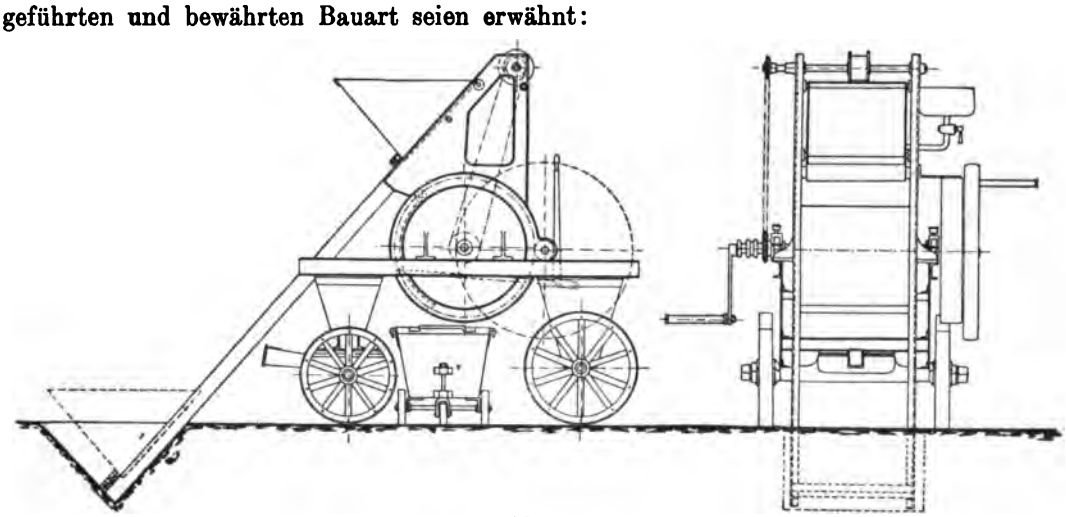


Abb. 23.

Fahrbare Betonmischmaschine mit Materialaufzug. System Kunz.

System Kunz & Co., Kempten (Abb. 21—25). Neben einfach wirkenden, mit nur einer Welle ausgeführten Maschinen (Abb. 21—23) werden auch doppelt wirkende, mit zwei Wellen gebaut (Abb. 24 und 25). Einfache Maschinen sind für Leistungen bis zn 6 cbm/Std. zu bevorzugen; sie verarbeiten feinstes wie gröbstes Material in gleich

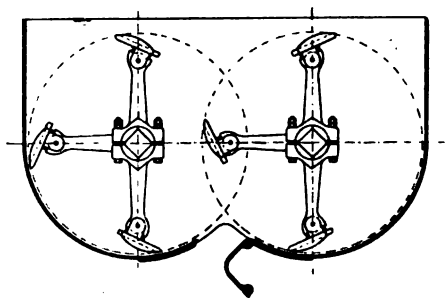


Abb. 24 a.

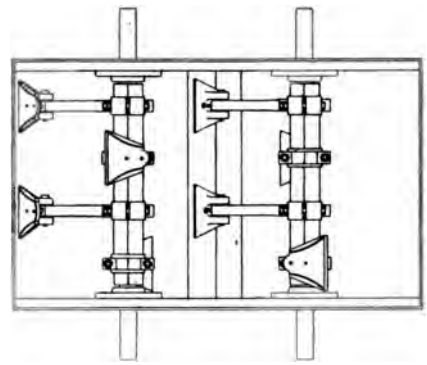


Abb. 24 b.

Mischtrommel der doppeltwirkenden Mischmaschine. System Kunz.

guter Weise und sind namentlich für den Eisenbetonbau geschätzt. Die Maschinen werden feststehend (Abb. 22) und fahrbar (Abb. 23) gebaut, in letzterem Fall vielfach mit einem Betonhebewerk verbunden, um die Rohmaterialien unmittelbar von Geländehöhe vermittelst eines Mischgefäßes zu heben und in die Trommel zu entleeren.

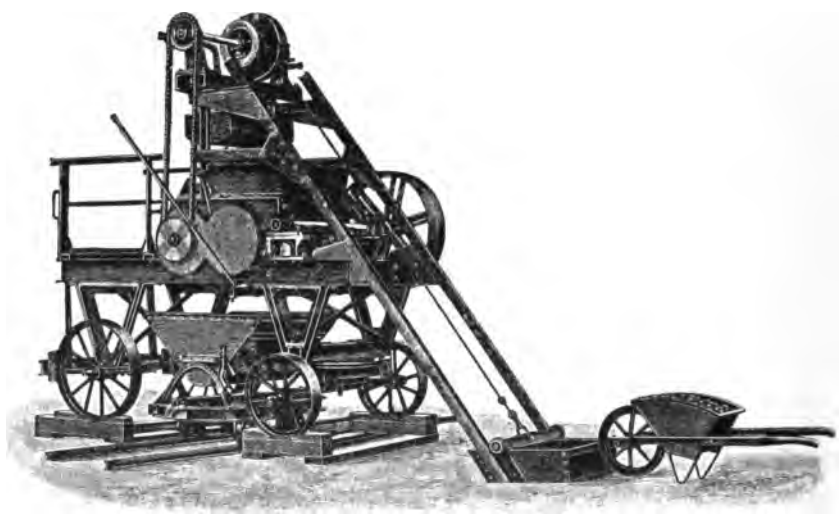


Abb. 25.

Fahrbare, doppeltwirkende Betonmischmaschine mit Materialaufzug auf erhöhtem Wagen. System Kunz.

Die doppelten Maschinen, bei denen die Mischdauer i. d. R. 1/2 Minute nicht zu übersteigen braucht, liefern ein vorzügliches Mischgut; jede Mischwelle ist mit 4 bis 5 Mischarmen versehen. Wie bei den einfachen Anordnungen findet die Entleerung durch eine Bodenklappe statt; überhaupt ist die Bauart im allgemeinen der mit nur einer Mischachse entsprechend. — An die Motoren der Antriebmaschinen lassen sich gegebenenfalls noch andere Baumaschinen anschließen.

System Gauhe, Gockel & Co. in Oberlahnstein a. Rh. Im Hinblick darauf, daß eine Bodenklappe undicht werden kann, findet hier die Entleerung durch Drehung des deshalb lose auf der Rührwelle sitzenden Mischtroges statt (Abb. 26). Die hier dargestellte Bauart ist eine Kipptrogmischmaschine mit Vorfüllkasten, feststehend, für Riemenbetrieb und mit Vorgelege zum Drehen des Troges und Kurbelwerk zum Entleeren des Vorfüllkastens versehen.

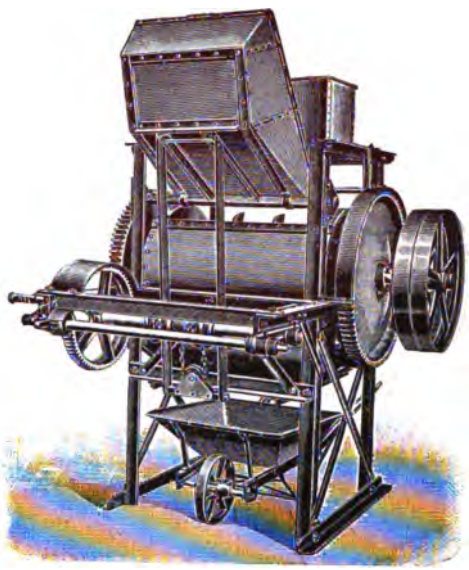


Abb 26.
Feststehender Mischtrog. System Gauhe-Gockel & Co.

System Gaspary-Markranstädt bei Leipzig (Abb. 27). Der oben offene Trog ist feststehend; er ist von unten aufklappbar und entleert seinen Inhalt in untergefahrene Karren. Die innige Mischung erfolgt in kürzester Zeit durch rotierende Mischarme mit beweglichen Mischschaufeln. Leistung in der Stunde 6 bis 17 cbm.

c) Senkrecht stehende, oben offene Mischbehälter mit an senkrechten Wellen angeschlossenen Rührarmen.

Als Beispiele seien erwähnt:

System Hüser, gebaut von F. Beyer & Zetsche in Plauen i. V., ausgezeichnet durch große Leistung bei verhältnismäßig geringem Kraftbedarf und geringer Abnutzung (Abb. 28a u. b). Die nach Art der Pendelmühle gebaute Maschine zeigt ein zwischen zwei kräftigen Ständern angeordnetes Mischgefäß besonderer Form, das unten durch eine drehbare Halbkugel abgeschlossen ist; in diesem laufen zwei um ihre Achse sich drehende Quirle, welche das Mischgut in allen seinen Teilen einer innigen Durchknetung unterwerfen. Hierbei führen federnde, die Kessel- und Halbkugelwandung abstreifende Messer das Mischgut stets wieder in den Bereich der Quirle. Da letztere frei schwebend aufgehängt sind, vermögen sie größeren Steinstücken gut auszuweichen; außerdem heben sie sich durch die Zentrifugalkraft bei der Drehung, sodaß eine Abnutzung der Kesselwandung in geringem Maße eintritt. Nach einigen Umdrehungen mit trockener Mischung wird von allen Seiten gleichzeitig das erforderliche Wasserquantum zugeleitet. Das fertige Mörtelmaterial fällt bei Drehung der abschließenden Halbkugel durch eine sich alsdann bildende Öffnung in den unter die Mischtrommel gefahrenen Transportwagen. Naturgemäß kann die Maschine auch mit einem, unter den Fußboden herabreichenden Einschüttgefäß und maschineller Hebung

Abb. 27.
Fahrbarer Mischtrog. System Gaspary.

dieses zwecks Einfüllung des Betons in den Mischtrog gebaut werden. Der Kraftbedarf beträgt entsprechend der Tagesleistung von 8 bis 45 cbm 3 bis 10 PS. Diese Mischmaschine ist besonders in der Kunststeinfabrikation eingeführt und bewährt.

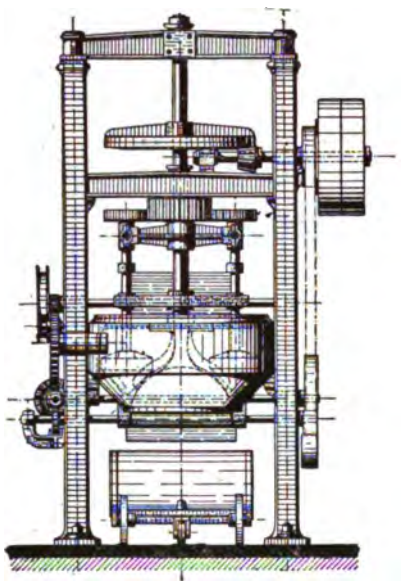


Abb. 28 a.

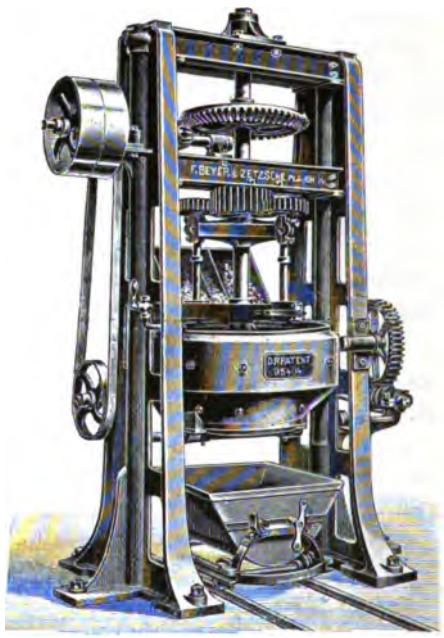


Abb. 28 b.

Feststehender Trogmischer mit senkrechter Achse. System Hüser.

System Eirich (gebaut von der Georgs-Marienhütte, Osnabrück). Die Arbeit der Maschine besteht in einer gleichzeitigen innigen Mischung und Knetung. Die Misch- und Knetwerkzeuge bewegen sich in offenem Gefäß auf ebenem Tellerboden in sich stets überschneidenden zykloidischen Bahnen; wie aus Abb. 29 ersichtlich ist, welche diese Bahnen im Grundrisse darstellt, zwingen die Misch- und Knetwerkzeuge auch das

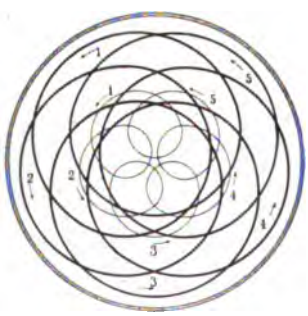


Abb. 29.

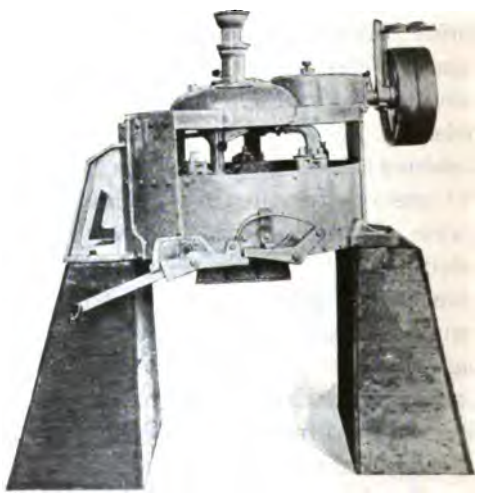


Abb. 30 a.

Feststehender Trogmischer. System Eirich.

kleinste Teilchen, durch die ganze Masse hindurchzudringen, erfassen das Mischgut stets wechselnd von allen Seiten und bewirken ein planmäßiges, zwangsweises Verschieben der ganzen Masse in allen Richtungen. Die Bewegung der zum Kneten dienenden

Läufer und der die Mischarbeit ausführenden Schaufeln erfolgt durch ein Planetengetriebe; hierbei können sich die Schaufeln leicht drehen und heben, also größere Steinstücke hindurchlassen, wodurch die Maschine leicht und schnell arbeitet und zudem

Abb. 30 b.
Fahrbarer Trogmischer. System Eirich.

namentlich am Teller geringe Abnützung aufweist. Der in der Mitte liegende, in beliebiger Höhe einstellbare Knetkoller hat die Aufgabe, die gröberen Teile in die feineren und weicheren des Mischguts hineinzudrücken und sie so zu zwingen, sich mit dem Bindemittel zu umhüllen; zu gleicher Zeit werden Sand- oder Bindemittelknollen vollständig zerrieben, das Steinmaterial aber nicht zerdrückt.

Eine feststehende Eirichsche Mischmaschine stellt Abb. 30 a, eine fahrbare, mit angeschlossener Bauwinde Abb. 30 b (Tagesleistung 50 cbm) dar[1]).

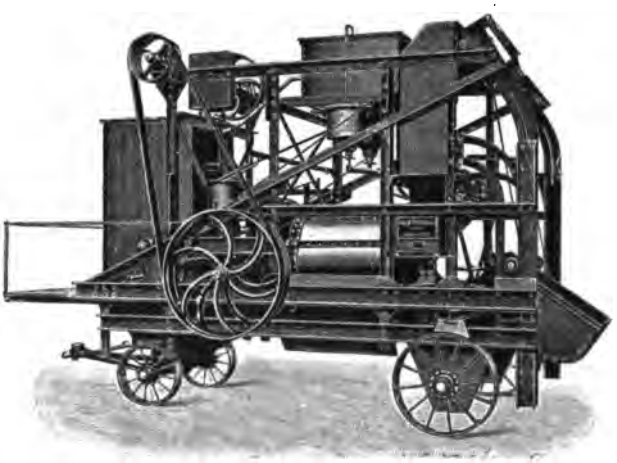


Abb. 31.
Mischmaschine mit umlaufender Trommel.
System Gauhe, Gockel & Co.

d) Mischmaschinen mit umlaufenden Trommeln, bei denen die eigentliche Mischarbeit durch ein beständiges Überstürzen des Mischgutes bei der Drehung der Trommel bewirkt wird. Zur Unterstützung der Mischarbeit sind im Innern der Trommel Leisten, Schaufeln u. dgl. angebracht.

Als bekanntere Bauarten seien erwähnt:

System Gauhe, Gockel & Co. in Oberlahnstein a. Rh. (Abb. 31). Das Mischgut wird hier durch die Drehung der Trommel gehoben; es beginnt, sich in den

[1]) Andere hierhergehörende Systeme sind: Joh. Timm-Basel und Charles Watley in Blackpool (England)

Abb. 32.
Fahrbare Mischmaschine mit umlaufender Trommel. System Leipziger Allg. Baumaschinen-Bedarfs-Gesellsch.

obersten Schichten in kleineren Teilen abzulösen, rollt alsdann über die tieferen Schichten hinweg, reißt Teile derselben mit und fällt nach unten; hierbei wird es durch die im Trommelinnern angebrachten durchlochten und sich mitdrehenden Wandschaufeln aufgehalten und durch deren schräge Stellung genötigt, hin und her zu wandern, d. h. von der Mitte nach außen und umgekehrt; hierdurch wird in sehr kurzer Zeit eine innige Vermischung erzielt bei gleichzeitigem Kneten infolge der Pressung und Verschiebung der Massen durch die Wendeschaufeln.

System der Leipziger Allgem. Baumaschinen-Bedarfs-Gesellschaft (Abb. 32). Hier besteht die Mischtrommel aus zwei Teilen, die zur Entleerung auseinandergezogen werden; durch den so gebildeten

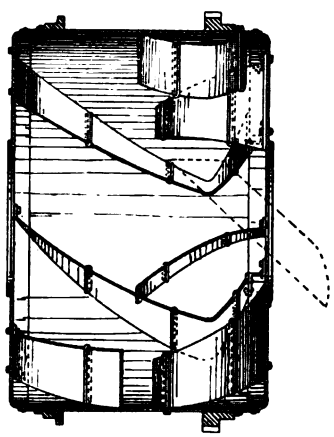


Abb. 33 a.
Ransome-Mischer. Schnitt durch die Trommel, Anordnung der Schaufeln.

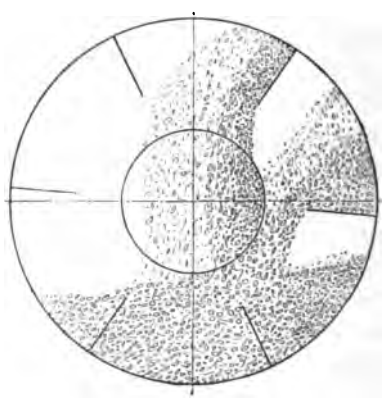


Abb. 33 b.
Verteilung und Fall des Materials während des Mischens.

Schlitz fällt das Mischgut nach unten. Das Rohmaterial wird mit Hilfe einer Aufzugsvorrichtung und eines Vorfüllers seitlich in die Trommel hineingekippt und zuerst trocken, dann naß vermischt. Die Trommel faßt je nach der Größe der Maschine 80—500 l, die Tagesleistung schwankt zwischen 50 und 80 cbm.

Abb. 34. Blick in die Ransome-Trommel.

System Ransome (Vertretung Ph. Deutsch & Co., Berlin). Das Innere der Trommel enthält sehr sinnreich ausgebildete Misch- und Knetschaufeln. Bei jeder Trommeldrehung wird das Material zweimal hochgehoben, vollständig gemengt und wieder zerteilt mit dem Erfolge, daß schon nach 20 Sekunden ununterbrochener Mischung ein vollkommen innig gemengter Beton entsteht. Die Füllung erfolgt durch

einen Vorfülltrichter, der zugleich als Meßvorrichtung dient und durch eine Klappe gegenüber der Mischtrommel abschließbar ist: hierdurch ist ein Füllen des Trichters während des Ganges der Maschine möglich. Die Entleerung wird durch eine einfache Hebelbewegung

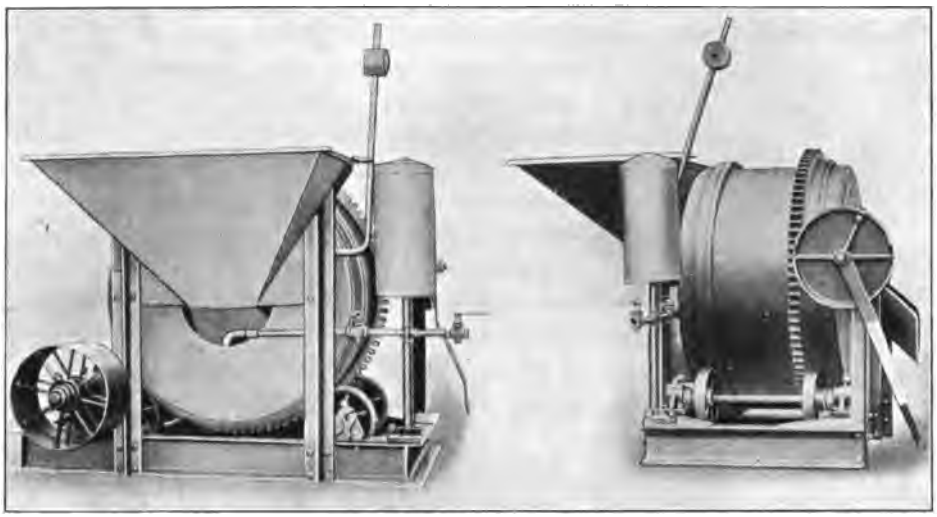


Abb. 35 a Rückansicht Abb. 35 b Seitenansicht

der Ransome-Mischmaschine.

herbeigeführt, welche eine Entleerungsrinne nach außen umlegt. Die gesamte Bedienung der Maschine erfolgt in einfachster Weise von nur einer Seite aus durch einen Mann. Die Trommel ist auf 4 Rollen gelagert und wird durch einen unmittelbaren Zahnradantrieb gedreht. Wegen weiterer Einzelheiten sei auf die Abb. 33 a, b, 34 und 35 verwiesen.

Auf ähnlichem Grundsatze wie die Bauart von Ransome beruht die Mischmaschine von Noskowsky & Yeltsch in Breslau.

System Gaspary in Markranstädt-Leipzig, als Universaltrommelmischer bezeichnet. Bei dieser Bauart (Abb. 36) bewegen sich die Mischtrommel und die Mischarme in entgegengesetzter Richtung, können aber durch eine einfache Umsteuerung auch gleichlaufend gestellt werden. Dies hat den Vorteil, daß für den Fall, daß die vorhandene Antriebskraft nicht ausreicht oder das Mischen des Materials besondere Schwierigkeiten macht, durch Ändern der Drehrichtung leicht Abhilfe geschaffen werden kann. Auch für die Reinigung und Entleerung ist die Änderung der Drehrichtung von großem Vorteil; ebenso sind eingeklemmte Steine zwischen Trommelwand und Mischflügel durch mehrmaliges Ändern der Drehrichtung leicht zu entfernen. Die Maschine gestattet auch kontinuierlichen Betrieb, für den sie sogar vorwiegend benutzt wird.

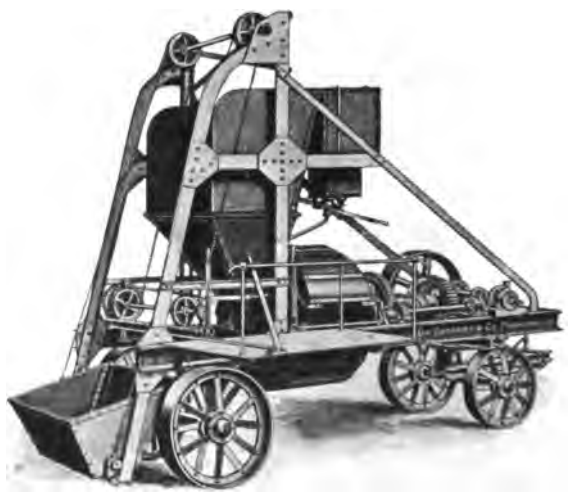


Abb. 36.

Universaltrommelmischer. System Gaspary.

System Kayser. Der Mischprozeß geht in der Weise vor sich, daß durch einen mittelst Hebelzuges einzurückenden Vorfüllkasten und durch einen Trichter die Trommel mit Material gefüllt wird. Ein im Füllungstrichter angebrachtes Schüttelwerk, welches nach Belieben ein- und ausgerückt, und durch einen Exzenter in Bewegung gesetzt werden kann, verhindert ein Ansetzen von Material am Einlaufe. Über der Trommel ist eine selbsttätige Abmeßvorrichtung für den Wasserzulauf angeordnet. Nach einer 1/4 Minute lang dauernden Drehung der Trommel ist die Betonmischung bereits vollendet. Durch Umstellen eines Steuerhebels entleert sich die Trommel, ohne daß ein Kippen erforderlich ist. Es liegt dies daran, daß die Mischflügel im Trommelinnern so angeordnet sind, daß bei Drehung der Trommel in der einen Richtung das Gut nur gemischt wird, während bei Drehung im entgegengesetzten Sinne es zum Entleerungsende befördert wird.

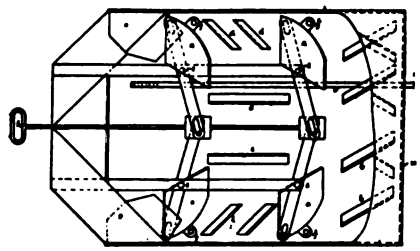


Abb. 37.
Grundzug der Mischtrommel.

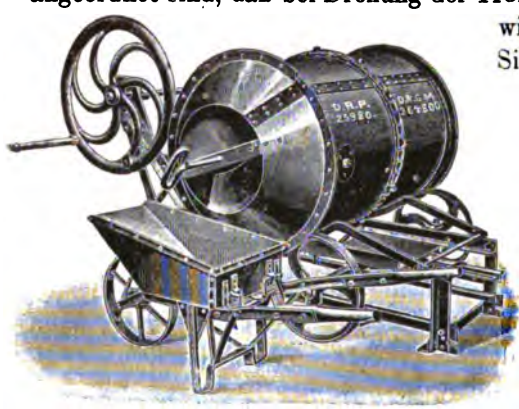


Abb. 38. Mischer mit Handbetrieb.

Abb. 39. Mischer mit Maschinenbetrieb.

Abb. 37—39. Mischmaschine mit umlaufender Trommel. System Ratzinger und Weidenkaff.

Die Wahl des einzubauenden Motors ist beliebig.

System Ratzinger und Weidenkaff in München (Abb. 37, 38 und 39). Das Material wird in Kippkarren, die zugleich als Meßgefäße dienen, an das hintere Trommelende gefahren und durch einfaches Aufkippen in die Trommel geschüttet. Die Wasserzuführung erfolgt von einem aufgebauten Behälter aus, und zwar nur zeitweise, da die Rohstoffe zunächst trocken gemengt werden. Eigenartig angebrachte Transport-, Wende- und Hebeschaufeln transportieren das Material unter fortwährendem Überstürzen gegen das andere Ende der Trommel. Die letzten Transportschaufeln, welche den fertigen Beton entleeren, sind in der Mitte geteilt, und zwar ist diejenige Hälfte, welche sich noch im zylindrischen Teile der Mischtommel befindet, um Zapfen drehbar angeordnet (Abb. 37). Werden diese Schaufeln nach rückwärts gestellt, so wird die ganze Masse nach rückwärts geworfen, also erneut in den

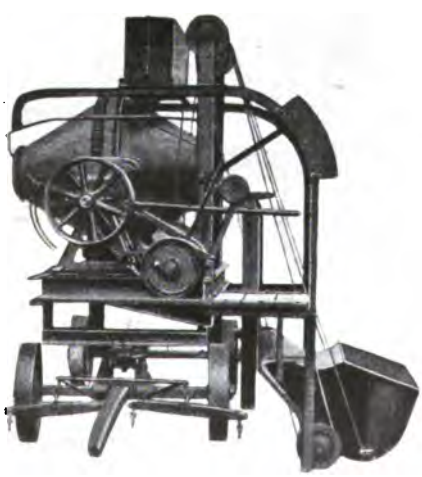


Abb. 40.
Fahrbare Mischmaschine mit Materialaufzug. System Smith, Milwaukee.

Mischungsgang gebracht, während eine Umstellung nach vorn ein Ausfließen des Betons bewirkt. Nur bei Beton, der eine besonders lange Mischdauer verlangt, also in Ausnahmefällen, wird die Rückwärtsbewegung eingeleitet; i. d. R. wirkt die Mischmaschine kontinuierlich, indem der Auslauf offen bleibt. Die Abbildungen stellen eine von Hand betriebene kleine Maschine mit einer Füllung von 80—130 l, und einer Tagesleistung von 25—30 cbm und eine größere mit 200—350 l Fassung, 3—4 PS. Kraftbedarf und Tagesleistung bis 120 cbm dar.

e) Mischmaschinen, bei denen die sich um eine wagerechte Achse drehende Mischtrommel zum Entleeren um eine senkrecht zu ihrer Drehachse stehende Achse gekippt wird, ohne daß hierbei der Antrieb der Maschine anzuhalten ist. Zu den meist kontinuierlich arbeitenden Mischern gehört der kippbare Trommelmischer von Th. L. Smith in Milwaukee, gebaut von den Draiswerken in Mannheim-Waldhof. Hier besteht (Abb. 40) der Mischapparat aus einer doppelt konischen Mischtrommel mit offenen Enden, die im größten Durchmesser von einem zur Drehbewegung dienenden Zahnkranz umschlossen wird. Die Mischtrommel ist in einem Rahmen derart gelagert, daß sie mit der Auslauföffnung nach unten gekippt werden kann zur Entleerung. Die Füllung erfolgt durch einen Trichter, der mit der Lagerung der Trommel so verbunden ist, daß er die Kippbewegung mitmacht, sich aber nicht dreht.

Abb. 41 a.
Ansicht des Muldenmörtelmischers. System Bünger.

Die Maschine wird in Größen von 100, 200, 300, 600 und 900 l Trommelfüllung feststehend und fahrbar geliefert.

II. Bei der zweiten Hauptgruppe, den kontinuierlich arbeitenden Mischmaschinen, zu denen, wie vorstehend erwähnt, schon manche aus Gruppe I einen Übergang bilden, lassen sich Anordnungen mit wagerechtem, feststehendem Troge

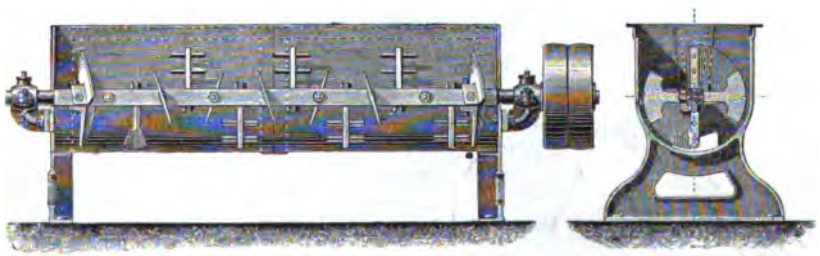


Abb. 41 b. Abb. 41 c.
Längs- und Querschnitt durch den Muldenmörtelmischer. System Bünger.

und innen liegender Mischschnecke (a), dsgl. mit geneigtem, festem Troge (b), mit geneigtem (c) und wagerechtem (d) aber sich drehendem Troge unterscheiden. Die nachfolgend kurz beschriebenen Bauarten seien als Vertreter dieser verschiedenen Anordnungen angesehen.

Bauart a. System Bünger-Düsseldorf (Abb. 41 a, b, c). Die wagerechte offene Mulde trägt eine sehr kräftige Mischwelle, die abwechselnd mit Mischkreuzen und Mischschaufeln besetzt ist. Letztere besorgen den Transport des Mischgutes von einem Ende der Mulde zum anderen, wo das fertige Mischgut ausläuft. In der Regel ist die Mulde 3,0 m lang, da sich diese Länge gerade für eine vortreffliche Mischung des Betons bewährt hat. Die stündliche Leistung dieser Maschine beträgt rd. 5 cbm.

und (n
eingeri
Betriel
als 2—
möger

F
li

1
l
(

zusammengeführt wird, und sich während des Hinabfallens in den Mischtrog überstürzt. Die weitere Durcharbeitung des Mischgutes bewirkt eine Bandschnecke, deren Flügel das Gut mischen und vor sich her schieben. Die Befeuchtung des Mörtels findet in dem oben offenen Mischtroge statt, also unter dauernder Kontrolle. Den gebrauchsfähigen Mörtel scheidet die Maschine ununterbrochen aus. Während Abb. 43 einen normalen Trichtertellermischer feststehender

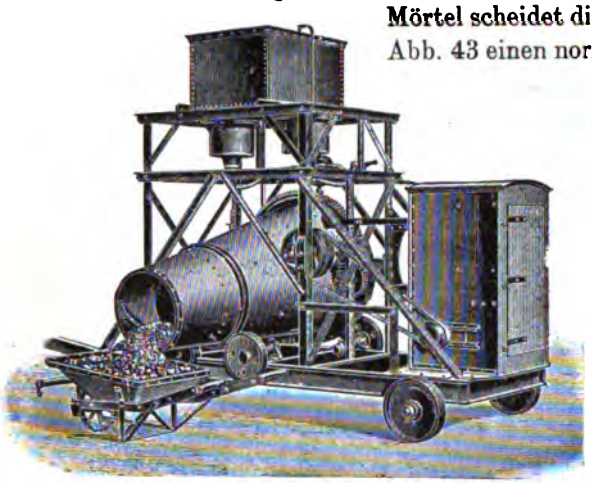


Abb. 45.

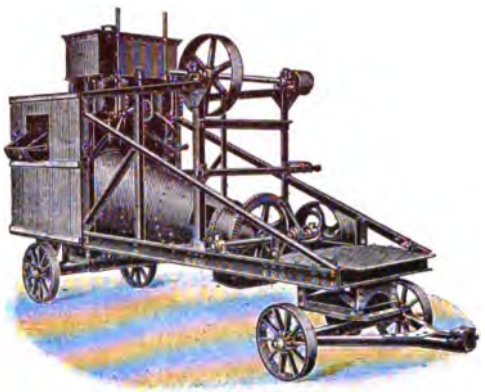


Abb. 46.

Betonmischer mit geneigtem Trog und Dauerbetrieb. System Gauhe, Gockel & Co.

Art mit 2 Trichtern für Mörtelmischung darstellt, zeigt Abb. 44 einen großen Dreiteller-typ für ausgedehnte Betonarbeiten. Die Leistungen der Maschinen liegen je nach der Größe zwischen 6 und 40 cbm in der Stunde.

Bauart c. System Gauhe, Gockel & Co. Der Mischbehälter (Abb. 45 u. 46) hat eine konische, trichterartige Form; hierdurch ist die Anordnung einer großen, niedrig liegenden Einfüllöffnung und ein Zusammendrängen des Mischgutes nach dem Auslaufe erreicht. Da die Unterseite des Mischkegels in der Horizontalen liegt, sich also nach dem Auslaufe nicht senkt, so kann der Mischkegel verhältnismäßig lang gebaut werden, was für ein gründliches Mischen von großem Vorteil ist. Die beiden dargestellten Arten unterscheiden sich dadurch, daß in Abb. 45 die Achse des Mischers senkrecht zur Gestellachse, in Abb. 46 parallel zu ihr liegt.

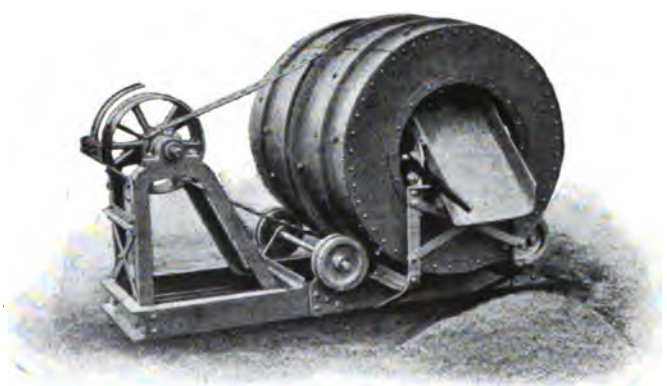


Abb. 47.

Mischmaschine Universal mit wagerecht drehbarem Troge und Dauerbetrieb. System Bünger.

Die Leistung des Mischers ist eine sehr große, bis zu rd. 60 cbm in der Stunde.

Bauart d. System Bünger (Abb. 47) (auch satzweise verwendbar). Die Mischmaschine besteht in der Hauptsache aus einer zylindrischen Mischtrommel, in deren Stirnböden sich die Öffnungen für Eintritt und Austritt des Mischgutes befinden. Die Trommel ist außen auf Rollen gelagert und wird durch Kettenantrieb vom Vorgelege

aus in Umdrehung gesetzt. Im Innern der Trommel befinden sich an dem zylindrischen Trommelmantel Misch- und Transportschaufeln. Die ersteren veranlassen bei der Drehung der Trommel ein fortwährendes Herab- und Durcheinanderstürzen des Mischgutes, während die Transportschaufeln dasselbe langsam der Auswurföffnung der Maschine zuführen. Das Durcheinanderarbeiten des Mischgutes erfolgt hierbei in so gründlicher Weise, daß eine äußerst innige Mischung entsteht.

In der Auswurföffnung der Mischtrommel befindet sich eine in die Trommel ragende Schüttrinne, die in der Mitte drehbar angeordnet ist und von Hand leicht nach oben oder unten eingestellt werden kann. Das am Ausgangsende der Trommel angelangte Material wird durch die Mischschaufeln auf die Schüttrinne geworfen und von dieser, falls das in die Trommel hineinragende Ende der Schüttrinne nach oben eingestellt ist, nach außen in untergestellte Transportgefäße abgeführt. Stellt man das in der Trommel befindliche Schüttrinnenende nach unten, so wird alles auf die Schüttrinne fallende Material wieder nach dem Einwurfende der Trommel zurückgeleitet, um von neuem den Mischweg zu durchlaufen. Die Mischdauer kann daher beliebig lange ausgedehnt werden, da das Material die Trommel nicht früher verlassen kann, als bis die Schüttrinne umgestellt worden ist.

Durch diese einfache Einrichtung der Umstellung der Rinne hat man es in der Hand, die Maschine entweder für durchlaufende Mischungen oder für in sich abgeschlossene Mischungen in beliebig langer Dauer zu benutzen. Die Trommel bleibt in beiden Fällen in ununterbrochener Drehung in der gleichen Richtung. Es ist also auch bei den in sich abgeschlossenen Mischungen weder ein Stillsetzen der Maschine zur Füllung oder Entleerung der Trommel, noch eine Änderung der Drehrichtung erforderlich, sodaß sich hieraus eine äußerst einfache Konstruktion und leichteste Bedienung der Maschine ergibt.

Eine ähnliche Anordnung zeigt auch die Bauart der Maschinenfabrik Kraus-München, nur ist hier eine besondere, sehr zweckmäßige Entleerungsvorrichtung, bestehend aus 2 Entleerungskanälen, vorhanden, die, ziemlich hoch ausmündend, die unmittelbare Förderung des fertigen Betons in untergeschobene Karren u. dgl. gestatten.

---

§ 97. Eisenportlandzemente, Schlackenzemente und ähnliche Bindemittel (Mischzemente).

I. Der Eisenportlandzement.

Nach den Deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Eisenportlandzement vom Dezember 1909 ist „Eisenportlandzement ein hydraulisches Bindemittel, das aus mindestens 70 v. H. Portlandzement und 30 v. H. gekörnter Hochofenschlacke besteht. Der Portlandzement wird gemäß der Begriffserklärung der Normen des Vereins Deutscher Portlandzementfabrikanten hergestellt. Die Hochofenschlacken sind Kalk-Tonerde-Silikate, die beim Eisen-Hochofenbetrieb gewonnen werden. Sie sollen auf 1 Gew.-T. lösliche Kieselsäure (SiO_2) + Tonerde (Al_2O_3) mindestens 1 Gew.-T. Kalk und Magnesium enthalten. Der Portlandzement und die Hochofenschlacke müssen fein vermahlen, im Fabrikbetriebe regelrecht und innig miteinander vermischt werden. Zusätze zu besonderen Zwecken, namentlich zur Regelung der Bindezeit, sind nicht zu entbehren,

jedoch in Höhe von 3 v. H. der Gesamtmasse begrenzt, um die Möglichkeit von Zusätzen lediglich zur Gewichtsvermehrung auszuschließen“ [1]).

Wie aus dieser Erklärung hervorgeht, setzt sich der Eisenportlandzement aus 2 Zementen zusammen, aus 70 v. H. kalkreichem und 30 v. H. kalkarmem; und zwar wird der erstere durch eine innigste Mischung von äußerst fein gemahlener Hochofenschlacke und Kalksteinmehl, Brennen dieses Gemisches bis zur Sinterung und Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen, während der zweite Bestandteil mit der Aufgabe, den Kalküberschuß des ersten kalkreichen. Portlandzementes auszugleichen, besonders aufbereitete Hochofenschlacke ist, die geschmolzen, granuliert, geglüht und getrocknet wird. Hierbei sei besonders hervorgehoben, daß es für das Endprodukt als Zement von größter Bedeutung ist, daß diese Hochofenschlacke dem Zementklinker angepaßt wird, und daß durchaus nicht jede Schlacke verwendbar ist, manche sogar in durchaus schädlicher Weise das Gemenge beeinflussen. Vor allem ist es naturgemäß notwendig, daß die Schlacke basischen Charakter zeigt.

Die erste praktische Verwendung der hydraulischen Eigenschaften einer derartigen Schlacke wurde i. J. 1865 durch Fr. Lührmann bewerkstelligt, der aus einem Gemische gekörnter, gemahlener Hochofenschlacke Kunststeine formte (vgl. S. 194); hieraus entwickelte sich — wenn auch zunächst noch mit großen Schwierigkeiten kämpfend — im Laufe der Zeit die heute sehr bedeutsame Schlackensteinindustrie.

Eine weitere Benutzung fand die feingemahlene Hochofenschlacke durch ihre Vermengung mit pulverförmigem Kalkhydrat zur Erzeugung der Puzzolan- oder Schlackenzemente, die jedoch in Deutschland wenig Boden gewannen und den Wettbewerb mit dem normalen Portlandzement nicht auszuhalten vermochten, während sie in Frankreich und namentlich in Österreich zu guten Erfolgen gelangt sind. Einen weiteren Schritt nach der Seite der Erzeugung eines Zementes, vorwiegend aus Hochofenschlacke, bildeten dann die wohlgelungenen Versuche der Vorwohler Portlandzementfabrik (G. Prüssing), welche von Beginn der achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts an, besonders geeignete, feinst gemahlene Hochofenschlacke ihrem Portlandzement zusetzte und ihn dadurch nicht unerheblich verbesserte; seine einwandfreien Eigenschaften und seine gute Bewährung zeigte dieser Zement in den folgenden Jahren beim Bau der Berliner Stadtbahn. Diese günstigen Ergebnisse der Praxis fanden ihre Stütze in wissenschaftlichen Untersuchungen von Dr. Michaëlis und Tetmajer, welche darlegten, daß durch Zusätze von geeigneter, gemahlener Hochofenschlacke der normale Portlandzement eine Verbesserung erfahren könne. Von jener Zeit an ist die Frage der Verwendung geeigneter Schlacke in der Zementfabrikation dauernd weiter verfolgt, und namentlich

---

[1]) Zu dieser Begriffserklärung wird in den Normen die folgende „Begründung und Erläuterung“ angeführt:

Durch langjährige, staatlich ausgeführte Versuche ist festgestellt worden, daß wenn geeignete, gekörnte Hochofenschlacke bis zu 30 % mit Portlandzementklinken fabrikmäßig innig gemischt wird, der so erhaltene Zement „Eisenportlandzement“ dem Portlandzement als gleichwertig zu erachten ist, und nach dessen Normen beurteilt werden kann. (Vergl. Mitt. zu S. 618, der Verf.)

Der Eisenportlandzement steht unter der regelmäßigen Kontrolle des Vereins Deutscher Eisenportlandzementwerke, dessen Mitglieder sich gegenseitig verpflichtet haben, den Eisenportlandzement genau nach der vorstehenden Begriffserklärung herzustellen.

Über den sich aus den Schlußfolgerungen von Prüssing, Michalis und Tetmajer entstandenen Streit vergleiche die zusammenfassende kritische Darlegung von Prof. E. Dietrich-Berlin in dem Wochenblatt für Baukunde 1885 Nr. 93 und 95. Hierbei stellte sich Dietrich mit Entschiedenheit durchaus auf die Seite derer, welche eine zielbewußte und zweckentsprechende Zumischung geeigneter Hochofenschlacke zum Normalzement für günstig erachteten.

durch die von Dr. Passow vermittelte Erkenntnis gefördert worden, daß die wassergranulierten, basischen Hochofenschlacken infolge ihres Ursprunges Portlandzemente seien, da sie als wesentliche Bestandteile Ton und Kalk aufweisen, ferner durch das Brennen im Hochofen von der ihr als Rohstoff innewohnenden Kohlensäure befreit worden seien und bei Wasserzusatz eine zwar langsame, aber sich sicher vollziehende Selbsterhärtungsfähigkeit besitzen. Da wegen dieser trägen Anfangserhärtung die gemahlene, basische Schlacke sich nicht allein zu einem Handelszement eignet, wird ihr als Beschleunigungsmittel ein kalkreicher gewöhnlicher Portlandzement — hergestellt, wie vorerwähnt, aus Kalk und aus Hochofenschlacke — zugesetzt.

Die Schlacke ist also der Hauptträger der Erhärtung, der zugemahlene Portlandzementklinker spielt nur die Rolle des Erregers.

Wie weit die Gleichartigkeit zwischen basischer Hochofenschlacke und Portlandzement einerseits geht, andererseits die Gleichartigkeit zwischen Portlandzement und Eisenportlandzement ist, möge die Nebeneinanderstellung der drei folgenden Analysen kennzeichnen:

Es enthalten:

	Hochofenschlacke	Eisenportlandzement	Portlandzement	
Kalk	44—52	54—60	58—65	v. H.
Kieselsäure	27—35	20—25	20—26,5	
Tonerde und Eisenoxyd	8—20	9—15	6—14	
Magnesia	0,6—5	0,6—5	1—3	
Alkalien	—	—	0,2—0,5	
Schwefelsäure	1,2—3	0,8—2,7	0,2—2,5	

Über den Herstellungsvorgang der Eisenportlandzemente sei das Nachfolgende kurz mitgeteilt; im allgemeinen schließt sich dieser Prozeß dem des normalen Portlandzementes an.

Die Kühlung der flüssigen Schlacke wird naturgemäß unmittelbar beim Hochofen vorgenommen; sie kann erfolgen durch Granulation im kalten Wasser — Verfahren von v. Langen — oder durch Zerstäuben mit Luft oder Wasserdampf — Passowverfahren. Bei ersterer Art der Zusammenführung von Schlacke und Wasser, wobei darauf zu achten ist, daß sie gleich nach dem Ausfließen ganz unter Wasser gelangt und sehr stark zerteilt wird, entsteht sie in Form von einige Millimeter im Durchmesser besitzenden Körnern, die sich leicht mahlen lassen, während nach dem Verfahren von Dr. Passow (DRP. 128381) eine Zerstäubung durch Luft oder Wasserdampf dadurch bewirkt ist, daß „die Hochofenschlacke in flüssigem Zustande so lange einem Luftstrom ausgesetzt wird, bis die erstarrte Schlacke, gemahlen und mit Wasser angemacht, ohne Zuschläge zementartig erhärtet“ [1]). Diese Kühlung durch Zerstäuben

[1]) Praktisch wird diese Zerstäubung durch sogen. Luftgranulatoren ausgeführt z. B. den von Fellner und Ziegler (D. R. P. 128309).

Bei diesem, sowie vielen hierher gehörenden Bauarten, stürzt die flüssige Schlacke auf einen stufenförmigen, sich drehenden Teller, welcher mit Düsen versehen ist, durch die man Wasserdampf oder Luft einströmen läßt. Hierdurch werden die Schlackenteilchen gegen einen umgebenden Eisenmantel geschleudert, der durch Wasser gekühlt ist; alsdann fallen sie durch einen Trichter zu Boden und werden von hier aus nach außen gezogen. Durch den Mantel tritt nicht selten der Nachteil ein, daß sich hier Schlackenteile festkleben, die erst später herabfallen und hierdurch ein ungleichmässig gekühltes Erzeugnis bedingen. Dies vermeidet die Jantzensche patentgeschützte Einrichtung, bei der die Schlackenteilchen gegen eine sich drehende, durch Wasser gut gekühlte Trommel geschleudert werden. Näheres vgl. Stahl und Eisen. 1910. S. 824.

hat den Vorteil, daß ein nachträgliches Trocknen der Schlacke entfallen kann, erschwert aber nicht selten das Mahlen, da die zerteilte Schlacke wegen der weniger starken Abkühlung nicht so glasig ist, wie bei der Wassergranulierung. Deshalb stellt letztere z. Z. wieder die meist verwendete Aufbereitungsart der Schlacke dar.

Der auf die Wassergranulierung folgende Trockenprozeß wird i. d. R. in sich drehenden Trockentrommeln ausgeführt, welche durch besondere Kohlenfeuerung oder Gichtgase geheizt werden und Vorrichtungen zur Abführung der Gase und Wasserdämpfe besitzen. Meist fällt die getrocknete Schlacke am Auslaufe der Trommel in ein senkrechtes Brechwerk, von dem aus sie auf eine Transportvorrichtung gehoben wird.

Nunmehr wird ein Teil der getrockneten Schlacke mit vorher zerkleinertem Kalkstein in entsprechendem Verhältnisse gemischt und das Mischgut zu Rohmehl vermahlen. Dieses wird mit Wasser angefeuchtet und in Ziegelform gepreßt, worauf die Klinker i. d. R. in ununterbrochen arbeitenden Schachtöfen (Schneideröfen), die mit Gebläse arbeiten, oder in Drehrohröfen bis zur Sinterung gebrannt werden. Die abgekühlten Klinker werden alsdann meist in einem Feinsteinbrecher vorgebrochen und endlich mit der genau berechneten und erforderlichen Menge von Hochofenschlacke in Kugel- oder Rohrmühlen zu Eisenportlandzement vermahlen und aufs innigste vermengt. Besteht die Befürchtung, daß feinste Eisenteile im Zement enthalten sein können, so wird er noch durch einen Windseparator gereinigt. Die Mehlfeinheit soll eine so große sein, daß nur 8—10 v. H. Rückstand auf dem 5000 Maschensiebe verbleiben. Durch Transportvorrichtungen gelangt der fertige Zement schließlich in Silos, von denen er durch Transportschnecken u. dgl. in kleinere Packbehälter gebracht wird, um von hier aus durch automatisch arbeitente Packmaschinen in die Fässer bzw. Säcke zu wandern.

Der Eisenportlandzement ist im allgemeinen ein Zement, der dem Normalportlandzement durchaus gleichsteht, ihn sogar in den fetteren Mischungen nicht selten an Festigkeit übertrifft; nur bei sehr hohem Sandzusatze (1:5 — 1:7) und Lufterhärtung zeigten, wie Versuche — namentlich des Materialprüfungsamtes zu Großlichterfelde — ergaben, sich nicht unerheblich geringere Festigkeiten als bei den in Vergleich gezogenen normalen Portlandzementen[1]). Es erscheint dies deshalb nicht ohne Bedeutung, weil für die Verwendung bei öffentlichen Bauten Eisenportlandzement als, dem normalen Produkte gegenüber, gleichwertig anzusehen ist, falls er die Anforderung der Portlandzementnormen bei Wasser- und Lufterhärtung erfüllt. Hierbei kann es aber sehr leicht vorkommen, daß letzteres für die in den Normen vorgeschriebenen Proben 1:3 zwar zutrifft, in mageren Mischungen jedoch der Eisenportlandzement nicht so schnell und gut erhärtet, wie man aus dem Erfüllen der Normenprobe schließen kann und beim normalen Produkt auch tatsächlich eintritt. Daher ist es durchaus berechtigt, daß der ausführenden Behörde neuerdings zur Pflicht gemacht worden ist, sich nicht auf die Normenprüfung allein zu verlassen, sondern die Prüfung in der Mischung, wie sie auf der Baustelle Verwendung finden soll und mit demselben Sande, der hier benutzt wird, anzustellen (vgl. auch S. 618).

Wenn auch von verschiedenen Seiten vorgeschlagen worden ist, die Zumischung der gemahlenen Hochofenschlacke, d. h. die 30 v. H. an der Gesamtmasse, erst auf der Baustelle vorzunehmen und diese Möglichkeit auch durch Laboratoriumsversuche[1]) des Großlichterfelder Prüfungsamtes als vorhanden erwiesen wurde, so ist es doch für die

[1]) Vergl. u. a.: Protokoll der Generalversammlung des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten vom 21.—23. II. 1910 — auch als Sonderabdruck erschienen — und Arm. Beton 1911. Februarheft S. 39-41.

bauliche Praxis nicht angängig, hiervon Gebrauch zu machen. Hierzu würde einerseits eine sehr genaue Kenntnis der Beschaffenheit der Zementklinker und der Hochofenschlacke gehören, denn man kann nicht, wie bereits erwähnt wurde, eine beliebige Schlacke wählen, wie auch die zweckmäßige Menge dieser nicht ohne weiteres zu beurteilen ist, und andererseits wird auf der Baustelle die Vermengung mit dem fein gemahlenen Zementklinker niemals so gleichmäßig, daneben nicht so billig zu erreichen sein, wie im Fabrikbetriebe.

Der in seinen weiteren Eigenschaften im allgemeinen dem Portlandzement gleichartige Eisenportlandzement ist — richtig zusammengesetzt — wie dieser durchaus volumenbeständig, und seinem Konkurrenten gegenüber sogar durch eine erheblich geringere Neigung, Schwindrisse zu erhalten, ausgezeichnet[1]). Eisenportlandzement wird als Raschbinder (für Häuserputz, Gesimsziehen, Arbeiten unter Wasserandrang), als Normalbinder (für Mauer- und Verputzarbeiten), sowie als Langsambinder (für Betonarbeiten, Kunststeine usw.) geliefert; er erhärtet an der Luft wie im Wasser, im ersteren Falle naturgemäß nur gut, wenn er gegen ein Austrocknen geschützt, bzw. dauernd feucht gehalten wird. Seine Farbe ist meist blaugrau, des öfteren auch dunkler getönt; für besondere Zwecke wird jedoch auch ein ganz weißes Material geliefert. Beim Lagern unter Wasser färbt sich der abgebundene Eisenportlandzement dunkelgrün, wahrscheinlich die Folge sich bildender, geringer Mengen von Eisensulfid. Diese an der Luft sich verlierende Farbe beeinflußt keineswegs die Eigenschaften des Zementes in ungünstiger Weise.

Auch ist die Verwendung des Eisenportlandzementes die gleiche wie die des normalen Portlandzementes, und zwar sowohl in bezug auf seine Verarbeitung zu Mörtel und Beton als auch auf die Anwendungsweise dieser; es sei deshalb an dieser Stelle auf das in § 96 Gesagte verwiesen.

In gleicher Art sind die für Eisenportlandzement erlassenen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung vom Dezember 1909, soweit das Abbinden, die Raumbeständigkeit, die Feinheit der Mahlung, die Bestimmung der Festigkeit und die hierzu dienenden Proben in Frage kommen, die gleichen wie für Portlandzement (vgl. S. 619—629), abgesehen von wenigen bereits auf S. 618 sowie vorstehend erwähnten Abweichungen. Namentlich werden von diesen die Begriffserklärung von Eisenportlandzement und die Festigkeit in mageren Mischungen berührt.

II. Schlackenzemente (Puzzolanzemente).

Schlackenzemente sind hydraulische, künstliche Bindemittel, welche aus feingemahlener basischer Hochofenschlacke und zu Pulver gelöschtem, feinem Kalkhydrat gemischt sind. Diese Vereinigung wird i. d. R. in Rohrmühlen vorgenommen, wodurch meist eine solche Feinheit des Zementmehls erreicht wird, daß auf dem 5000-Maschensiebe nur ein Rückstand von etwa 20 % verbleibt. Naturgemäß richtet sich die Menge des Kalkhydratzuschlages nach der chemischen Beschaffenheit der Schlacke; im allge-

[1]) Neben der Normenprobe kommt hier zum Nachweise, daß der Zement nicht treibt auch die sogen. Kochprobe in Frage. Hierbei werden 100 gr Zement mit 28—30 gr Wasser zu einem dicken Brei angerührt, 3 Minuten lang durchgearbeitet und alsdann kuchenartig auf einer Glasplatte ausgebreitet, und zwar in der Mitte etwa 1½ cm dick. Sobald der in einem geschützten zugfreien Raum von rd. 16 bis 20° C gebrachte Kuchen zu erhärten beginnt, muß man ihn mit einem feuchten Tuche bedecken, damit keinerlei Schwindrisse sind bilden. Nach 24 Stunden legt man den Kuchen mit oder ohne Glasunterlage in einen Topf mit kaltem Wasser, das nunmehr langsam zum Sieden gebracht und in diesem Zustande 3 besser 4 Stunden erhalten wird. Ist der Kuchen hiernach noch hart, glatt, ohne jeden Riß und ohne jede Verkrümmung, so ist der betreffende Zement als raumbeständig anzusehen.

meinen kann man aber damit rechnen, daß auf 1 Gew.-T. Kalk 4—5 Gew.-T. Schlacke entfallen. Nach Untersuchungen von Tetmajer eignen sich zur Erzeugung von Schlackenzementen namentlich solche Schlacken, in denen das Verhältnis von:

Kalk : Kieselsäure : Tonerde = 46 : 30 : 16 beträgt.

Das spezifische Gewicht der normalen Schlackenzemente kann zu etwa 2,7 angenommen werden, liegt also nicht unerheblich unter dem des Portlandzementes. Wenn auch reiner Schlackenzement mit Wasser nicht so fest erhärtet wie Portlandzement, so erlangt er doch in Vermengung mit Sand in den üblichen Mischungsverhältnissen nicht nur dieselbe Festigkeit wie letzterer, sondern er übertrifft ihn sogar hin und wieder; auch ist seine Volumenbeständigkeit eine sehr gute; ferner erscheint hervorhebenswert, daß er unter Wasser eine nur geringe Schlammbildung zeigt und im Preise billiger als die anderen Zemente steht. Schlackenzement besitzt aber oft die Nachteile, daß er langsam abbindet, am langsamsten in der ersten Zeit, namentlich unerwünscht unter Wasser und bei Frost, daß letzterer ihn sehr stark beeinflußt, daß ferner sein geringes Raumgewicht nicht selten zu einer Entmischung des Mörtels führt, indem in diesem der schwerere Sand nach unten fällt, daß er ferner einer sehr starken mechanischen Abnutzung unterliegt, also z. B. für Estriche, Treppenstufen usw. nicht verwendet werden sollte, endlich bei Erhärten an der Luft eine starke Feuchthaltung — etwa während zweier Wochen — verlangt, wenn er nicht einen Teil der schon erlangten Festigkeit wieder einbüßen soll.

Guter Schlackenzement — ein mehlweiches Pulver von meist lichtgrauer Farbe — nur mit etwa 20—30 v. H. Wasser angemacht, erhärtet in etwa 20 Stunden. In Mischung 1:3 mit 10 v. H. Wasser soll er nach den Schweizer Normen nach 28 tägiger Wassererhärtung etwa 16 kg/qcm Zug- und 150 kg/qcm Druckfestigkeit aufweisen, während Prof. Dr. Schoch die folgenden — sehr guten — Ergebnisse fand[1]) (für 1 : 3):

Erhärtungszeit	7	28	365 Tage,
Zugfestigkeit	12	25	36 kg/qcm,
Druckfestigkeit	108	219	345 „ .

Nach Tetmajer sind für Schlackenzemente zu je 1 cbm Mörtel erforderlich bei:

1:1	900 kg	Zement	und	780 l	Sand,
1:2	552 „	„	„	1010 „	„ ,
1:3	400 „	„	„	1170 „	„ .

Die Verwendungsmöglichkeit des Schlackenzementes ist — wenn auch durch seine besonderen Eigenschaften im Hochbau begrenzt — im Ingenieurbau eine ziemlich allgemeine, namentlich dort, wo stets auf ausreichende Feuchtigkeit des Mauerwerkes zu rechnen ist, sowie — wegen der geringen Schlammbildung — bei Betonierungsarbeiten größeren Umfanges.

Ein — namentlich in Österreich viel verwendeter — Schlackenzement ist der von Königshofen bei Beraun in Böhmen; seine chemische Zusammensetzung ist die folgende:

Kieselsäure	21,2 v. H.
Kalk	55,5 v. H.
Tonerde	15,0 v. H.
Magnesia	3,0 v. H.
Eisenoxyd	0,1 v. H.
Schwefelsäure	1,7 v. H.

[1]) Vergl. Dr. Kiepenheuer, Kalk und Mörtel. S. 113.

Schwefel	0,7 v. H.
Kohlensäure	0,65 v. H.
Wasser	2,4 v. H.

Zur Erzielung größerer Beständigkeit im Meerwasser wird dem Königshofer Zement Bariumkarbonat zugesetzt; hierdurch werden die im Zement und dem zum Anmachen dienenden Meerwasser vorhandenen, löslichen Sulfate in unlösliches Bariumsulfat übergeführt; zugleich werden durch diesen Zusatz auch die Festigkeiten nicht unerheblich erhöht.

Das spezifische Gewicht liegt zwischen 2,8 und 2,9; der Zement ist ein Mittel- bis Langsambinder von großer Volumenbeständigkeit und sehr feiner Mahlung (< 35 v. H. Rückstand auf dem 5000 Maschensiebe). Die Zugfestigkeit nach der Normenprobe liegt nach ausgedehnten Versuchsreihen der österreichischen Prüfungsanstalten bei rd. 30 kg/qcm, seine Druckfestigkeit bei etwa 280 kg/qcm; auch nimmt die Festigkeit des Mörtels im Laufe der Zeit sehr erheblich zu; so ergab z. B. die Untersuchung in Mischung:

		1:3	1:4	1:5	
Als mittlere Zugfestigkeit nach	28 Tg.	22	16	15	kg/qcm.
„ „ „ „	88 „	42	32	28	
„ „ „ „	148 „	59	47	41	
und als Druckfestigkeit „	28 „	181	114	109	
„ „ „ „	88 „	264	154	139	
„ „ „ „	148 „	390	215	184	

Die Haftfestigkeit des reinen Zementes an Ziegeln wurde nach 28 Tagen zu 34,0 kg/qcm gefunden, der Erhärtungsbeginn bzw. die volle Abbindezeit bei 20 v. H. Wasserzusatz zu 10 Minuten und 50 Std., bei 25 v. H. Wasser zu 35 Minuten und 74 Std., endlich bei 30 v. H. Wasser zu 83 Minuten und 100 Std. ermittelt.

Die Verwendung des Königshofer Schlackenzementes im Hoch-, Brücken-, Wasser- und Tunnelbau ist eine allgemeine; viele wohlgelungene Bauausführungen bezeugen die Güte dieses Bindemittels.

In Österreich sind „Bestimmungen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Schlackenzement“ — aufgestellt vom Österr. Ingenieur- und Architekten-Verein im Jahre 1907 — eingeführt. Aus ihnen sei das Nachfolgende mitgeteilt:

Zur Regulierung technisch wichtiger Eigenschaften ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2 v. H. des Gesamtgewichtes ohne Änderung des Namens zulässig. Der Preis ist nach Gewicht für 100 kg zu stellen. Die Fässer sollen 200 kg Bruttogewicht zeigen, daneben sind Säcke von je 50 kg brutto zugelassen. Gewichtsabweichungen sind bei Fässern bis zu 5 v. H., bei Sackpackung bis zu 1,5 v. H. nicht zu beanstanden. Das Wort Schlackenzement und der Herstellungsort hat auf den Verpackungen zu erscheinen. Es werden rasch, mittel und langsam abbindende Zemente unterschieden; unter ersteren — nur mit Wasser angemacht — sind solche zu verstehen, deren Erhärtungsbeginn unter 10′ eintritt, während bei Herausrücken dieses Zeitpunktes über 30′ hinaus der Zement als Langsambinder anzusprechen ist. Raschbinder sind stets besonders zu verlangen. Sowohl an der Luft wie unter Wasser muß Schlackenzement volumenbeständig sein; dies ist nachzuweisen an der Luft durch die Darrprobe[1]) in Verbindung mit der

[1]) Ein aus reinem Zement auf einer Glasplatte hergestellter Kuchen von etwa 10 cm Durchmesser und 1 cm Dicke wird bis zum Beginne des Abbindens in geschlossenem Kasten feucht aufbewahrt und hierauf in einem Trockenschranke einer Temperatur, die allmählich bis 120° C steigt,

Kuchenprobe unter Wasser, bei Wassererhärtung durch letztere allein. Die Mahlung soll so fein sein, daß der Rückstand auf dem 5000 Maschensiebe nicht mehr als 30 v. H., auf dem 900 Maschensiebe weniger als 5 v. H. beträgt. Die Bindekraft ist an einer Mischung von 1 Gew.-T. Zement auf 3 Gew.-T. Sand zu bestimmen; Zugfestigkeits- und Druckfestigkeitsproben sind an den beim Portlandzement eingeführten Normalkörpern zu ermitteln; hierbei soll betragen:

	Zugfestigkeit		Druckfestigkeit		
	nach				
	7 Tagen	28 Tagen	7 Tagen	28 Tagen	
Bei langsam- und mittelbindenden Schlacken-Zementen .	12	18	—	180	kg/qcm
Bei raschbindenden Schlacken-Zementen	8	12	—	120	kg/qcm

Hierbei ist das Mittel aus den vier besten Ergebnissen von sechs geprüften Körpern als mittlere Festigkeit anzunehmen[1]).

III. Mischzemente[2]).

Mischzemente oder gemischte Zemente sind Erzeugnisse, welche durch Vermahlung von Portlandzementklinkern oder maschinelle Mischung fertiger Zemente mit Zuschlägen gewonnen werden; es geschieht dies zur Steigerung der Geschwindigkeit des Bindens, der Haftung, der Wasserdichtheit, des Sandbindevermögens usw. Derartige Bindemittel sind stets als gemischte Zemente zu bezeichnen und in Rechnung zu stellen.

Zu nennen sind hier: a) der Lambert-Zement (Köln), ein Schnellbinder, als nachträgliches Dichtungsmaterial für undichtes Betonmauerwerk empfohlen, b) der Siebold-Stern- (oder Lux-Stern)-Zement (DRP. 142272), eine Abart des Stern-Zementes, durch den Zusatz besonderer, wasserabweisender Stoffe ausgezeichnet, welche den aus dem Ofen kommenden Zementklinkern beigemischt werden. Der sehr fein gemahlene Lux-Zement hat eine sehr bedeutende Wasserdichtheit, selbst magerer Zementmörtel, zur Folge, was deshalb von besonderer Bedeutung ist, da gerade solche Mörtel elastischer (und billiger) sind als fettere.

---

ausgesetzt. Die Temperatur wird auf dieser Höhe 2—3 Stunden, für alle Fälle aber ½ Stunde über den Zeitpunkt hinaus gehalten, bei dem ein sichtbares Entweichen des Wasserdampfes aus dem Kuchen aufgehört hat.

Zeigt der Kuchen nach dieser Behandlung Verkrümmungen, oder mit diesen verbundene, gegen die Ränder sich erweiternde Risse von radialer Richtung, so ist der betreffende Zement als an der Luft nicht volumenbeständig anzusehen. Da ein zu hoher Gipsgehalt hierbei kein Treiben verursacht, ist die Kuchenprobe als Ergänzung verlangt.

[1]) In der Schweiz sind einheitliche Bestimmungen für die Lieferung und Prüfung hydraulischer Bindemittel erlassen, welche u. a. auch für Schlackenzemente gelten.

[2]) Als ein eigenartiger, in der Praxis — wenigstens im Großen — bisher aber wohl noch nicht verwendeter Mischzement sei der Erzzement der Firma Fr. Krupp-Grusonwerk in Magdeburg-Buckau erwähnt (D.R.P. 143604 v. J. 1901). Dieser Zement soll dem Meerwasser vollkommen widerstehen und zwar durch den Ersatz der Tonerde im sonst normalen Portlandzement durch Eisenoxyde und andere Oxyde. Zur Gewinnung des Erzzementes sollen kieselsäurehaltiger Kalkstein (bzw. Kalkstein mit auf geschlossener Kieselsäure) mit Brauneisenstein, Rasenerz und dergleichen oder mit Chromerzrückständen in geeignetem Verhältnis vermahlen werden. Die Mischung wird bis zur Sinterung gebrannt und zu einem feinen braunen Pulver vermahlen.

c) Vermischungen von Portlandzementen mit Hochofenschlacke, Romanzementpulver, gemahlenem Tonschiefer, hydraulischem Kalk, Gips usw., auch Farbstoffen der verschiedensten Art. Sobald nicht die Güte des Zementes hierdurch verbessert oder dieser für bestimmte Zwecke besonders geeignet gemacht wird, sind derartige Mischzemente mit großer Vorsicht zu benutzen, da durch viele solche Zusätze die Zug- und Druckfestigkeit, die Härte, die Frostbeständigkeit, die Volumenbeständigkeit usf. abnehmen und auch in manchen Fällen die Grenze schwer zu ziehen ist, von der an derartige — namentlich indifferente — Zusätze aus unlauteren Gründen zugefügt werden. Eine Kontrolle solcher Mischzemente ist alsdann besonders schwierig, wenn sie als fertige Trockenmörtel, d. h. aus Zement, Zusatz und Sand fertig gemengt in den Handel kommen, und nur noch mit Wasser angemacht zu werden brauchen, um einen sofort verwendungsfähigen Mörtel zu liefern. Daß solche Zusätze, wenn sie unter 3 v. H. des Gesamtgewichtes bleiben, keine besondere Erwähnung verlangen, also auch den Portlandzement nicht in einen Mischzement umwandeln, ist durch die Lieferungs- und Prüfungsnormen für Portlandzement festgelegt[1]).

§ 98. Hydraulische Zuschläge.

Unter hydraulischen Zuschlägen sind solche von der Natur gelieferte oder künstlich hergestellte erdige Stoffe zu verstehen, deren Beifügung zum Luftmörtel diesen hydraulisch macht, ihn also befähigt, unter Wasser abzubinden. In Frage kommen hier in erster Linie Naturprodukte, namentlich für deutsche Verhältnisse der **Traß**[2]), daneben als ausländische Stoffe die Puzzolanerde und die Santorinerde, während die Kunsterzeugnisse, feingemahlene Hochofenschlacke, Ziegelmehl u. dgl. eine nur ganz untergeordnete Bedeutung zur Umwandlung von Luftmörtel in Wassermörtel besitzen[3]). Wie die hydraulischen Mörtel überhaupt, so können auch Mörtel mit hydraulischen Zuschlägen als Luftmörtel Verwendung finden, wenn die zu ihrer Erhärtung notwendigen Faktoren vorhanden sind.

Der für Hoch- und Ingenieurbauten gleich wertvolle **Traß** — ein Tuffgestein trachytischer Art[4]) — findet sich vornehmlich in der Vordereifel, in den vulkanischen Gebieten nahe des Laacher-Sees, und zwar im Nette-[5]) und Brohltale. Während das gute Traß- „Tuff"-Gestein im letzteren Tale fast ausgebeutet ist, und sich hier vorwiegend nur noch ein weniger guter „Bergtraß" findet, besitzt das Nettetal noch mächtige,

[1]) Vergl. S. 622.

[2]) Das Wort „Traß" scheint eine Umbildung von Terra zu sein.

[3]) Eine weniger gebräuchliche Bezeichnung bildet die Unterscheidnng in natürliche und künstliche „Puzzolane".

[4]) Als Normalanalyse des Trasses gibt Dr. Ing. h. c. Hambloch in seinem Werke: Der Traß (1909 Julius Springer) die folgende Zusammensetzung an: SiO_2 ca. 58, Al_2O_3 15, Fe_2O_3 3, FeO 1, CaO 2, MgO 1,4, TiO_2 0,5, K_2O 4,5, Na_2O 7.8 v. H. + Wasser. Vollständig verschieden vom Traß sind die ebenfalls in der vulkanischen Eifel sich neben ihm findenden Leucit-Phonolith-Tuffe. Mit dem Traß, in dem Leucit vollkommen fehlt, haben sie nur die Tuffstruktur gemeinsam; sie sind zur Mörtelherstellung durchaus ungeeignet und finden vorwiegend zu Hochbauten und bildhauerischen Arbeiten Verwendung, zu letzteren wegen ihrer hervorragend guten Bearbeitungsmöglichkeit (vgl. weiter die Abhandlungen von Dr. Hambloch, Der Leucit-Tuff von Bell, 1904).

[5]) Hauptfundorte sind die Dörfer: Plaidt, Kretz, Kruft. Ein weiteres Vorkommen in Deutschland ist im Kesseltal im bayerischen Ries.

wenn auch auf wenige Stellen beschränkte Lager erstklassiger Beschaffenheit. Nach der jetzt von den Geologen geteilten Ansicht, ist der Traß wahrscheinlich das Produkt vulkanischer Aschen, welche, aus der Luft niedergeschlagen, sich mit Hilfe des Wassers abgesetzt und zum Tuffgestein verfestigt haben[1]). Daß man bei letzterem 3 verschiedene Farben, je nach der Tiefe der Schichtung, gelb, grau, blau, unterscheidet und daß das am tiefsten liegende Material, der blaue Traß, das beste ist, wurde schon auf S. 52 hervorgehoben.

Die Verwendung von Traß zu Mörtel reicht in lang vergangene Zeiten zurück; schon die Römer erkannten auf ihrem Vordringen nach Deutschland in den ersten Jahrhunderten der christlichen Zeitrechnung in dem Traß ein Produkt, welches der im eigenen Lande zu größeren Wasserbauten verwendeten Puzzolanerde durchaus ebenbürtig war und verwendeten ihn zu ausgedehnten Bauten in der Rheingegend[2]). Neben Resten von diesen beweisen dies auch ihre Arbeiten in den Tuffsteingruben selbst, bei denen sie allerdings — wie durchaus erklärlich — den Traß nur bis zur Grundwasserlinie auszubeuten verstanden. In den kommenden Jahrhunderten ließ die Benutzung von Traß zum Mörtel sehr erheblich nach, wenn er auch zu größeren Bauten, namentlich Kirchen, hin und wieder herangezogen wurde. Hierin Wandel zu schaffen, war den Holländern vorbehalten, welche — namentlich an der See — vom 17. Jahrhundert an viel Traß verwendeten und auch im Jahre 1682 in Brohl am Rhein die erste Traßmühle errichteten. Dem Traß seine heutige hervorragende Stellung im Bauwesen eingeräumt zu haben, ist das Verdienst von weiland Prof. Intze-Aachen und Dr. Ing. h. c. A. Hambloch-Andernach, von denen der erstere dem Traß durch Verwendung bei seinen ausgedehnten Talsperrenbauten die ihm zukommende Stellung zuwies, während Dr. Hambloch durch seine weitschauenden und erfolgreichen, chemisch-geologischen Untersuchungen, die mechanisch-technische Prüfung der Trasse und die ihr folgende glückliche Übertragung in die Praxis die neuzeitliche Stellung des Trasses in der Mörtelverwendung begründete und neben Verbesserungen der Kalk-Traßmörtel, auf die Einführung der wertvollen Zement-Traß- und Kalk-Zement-Traßmörtel, namentlich zugunsten ihrer Verwendung im Seebau, erfolgreichst hinwirkte[3]).

Als Vorzüge des Traßmörtels kommen in Frage: seine Wohlfeilheit, seine große Dichtheit und vollkomene Volumenbeständigkeit, seine noch nach längerer Zeit verbleibende, bedeutende Elastizität, die größere Geschmeidigkeit des Mörtels, vielfach größere Festigkeit dieses nach der Erhärtung, überhaupt bessere Erhärtung in starken Mauern, endlich die Bindung freien Kalkes durch seine Kieselsäure, von höchster Bedeutung namentlich für die Erhärtung und den Bestand von Zement-Traß und Zement-

---

[1]) Die vulkanischen Traß-Aschen, welche infolge Mangels an ausreichender Wassermenge sich nicht zu Stein verfestigt haben, überlagern den Tuffstein als trockene und lose Erdmassen, wilder Traß oder Bergtraß. Daß die obige Entstehungserklärung des Trasses viel Wahrscheinlichkeit hat, geht u. a. daraus hervor, daß im Traß sich nicht selten Baumstämme und Pflanzenteile finden, die bei einem flüssigen Hervorbrechen des Trasses verbrannt sein müßten.

[2]) Vergl. hierzu auch: H. Burchartz, Traßmörtel. Berlin 1908. Julius Springer; sowie die Abhandlung von P. Wagner in der Deutschen Techniker-Zeitung 1907. Nr. 26.

[3]) Die hauptsächlichsten und grundlegenden Arbeiten von Dr. Hambloch sind:

Die rheinische Puzzolane, der Traß, ein Beitrag zur Lösung der Frage über das Wesen der Puzzolane und ihr Erhärtungsvorgang mit Kalk, Denkschrift, gewidmet dem Deutschen Museum zu München, 1908 in zweiter Auflage (als Auszug) erschienen 1912 bei Siegismund u. Volkening, Leipzig. Die bedeutendsten Mörtelbildner in Deutschland, 1911. Der Traß, seine Entstehung, Gewinnung und Bedeutung im Dienste der Technik, Vortrag gehalten im Mittelrheinischen Bezirksverein des Vereins Deutscher Ingenieure am 2. II. 1909. Zeitschr. d. V. D. Ing. 1909. S. 663, auch als Sonderabdruck erschienen bei Julius Springer, Berlin 1909. Ist Diatomeenerde eine Puzzolane? Arm.-Bet. Nov. 1912.

Kalk-Traßmörtel im Seewasser. Daneben besitzt Traßmörtel die Fähigkeit, ohne Rücksicht auf die bereits fortgeschrittene Erhärtung eines älteren Mauer- oder Betonkörpers sich mit neuen darauf folgenden Schichten[1]) in vollkommener Weise zu verbinden. Traß wird zurzeit in offenen Gruben im Tagebau unter Wasserhaltung gewonnen; da er demgemäß von Natur aus stets im Wasser sich befindet, schadet auch dem Stücktraß Wasser nichts; derartige Steinstücke können mithin auf offenen Wagen ohne Abdeckung transportiert werden; ihre Vermahlung bis zur Mehlfeinheit erfolgt alsdann erst auf der Baustelle. In der Regel aber wird, bedingt durch wirtschaftliche Gründe, Raum- und Gewichtsersparnis beim Transport und die größere Güte der Mahlung, der Traß, bereits zur Mehlfeinheit gemahlen, in Säcken geliefert. Hierbei ist auch der Umstand zu berücksichtigen, daß das Tuffgestein stark hygroskopisch ist und eine geringe Feuchtigkeit in der Luft schon ausreicht, das Mahlgeschäft, welches sich nur bei vollkommen trockenem Material ohne Schwierigkeit vollzieht, zu erschweren und die Leistung einer Mühle stark herabzusetzen[2]). Deshalb werden auch die Tuffsteine vor ihrem Vermahlen im Bruch bestens getrocknet, z. T. unter Verwendung großer geschützter Lagerräume. Das Liter-(Raum-)Gewicht des gemahlenen Trasses beträgt lose eingerüttelt etwa 0,94 kg, festgestampft etwa 1,2 kg. Bei der Sackpackung kann man rechnen, daß 100 l rd. 100 kg wiegen. Das spezifische Gewicht des grauen Pulvers liegt zwischen 2,2 und 2,3, während der Tuffstein selbst nur ein Raumgewicht von 1,2—1,3 zeigt.

Die chemische Einwirkung des Trasses bei der Erhärtung des Mörtels beruht vorwiegend auf einer Bildung von Hydro-Silikaten, indem sich die lösliche Kieselsäure unter Zutritt von Wasser mit Tonerde, Kalk und den Alkalien zu Verbindungen vereinigt, die mit den in der Naturvorkommenden Zeolithen vergleichbar sind[3]). Dieser Prozeß vollzieht sich bei Zutritt von Luft im Erhärtungsanfang schneller als unter Wasser, schreitet später aber bei beiden in gleichem Maße fort und ist, soweit Kalkmörtel in Frage kommt, bei hydraulischen Kalken ein intensiverer als bei Fettkalken. Hierbei spielt der im Mörtel enthaltene Sand keinerlei chemische, sondern nur eine physikalische Rolle.

Von Traßmörteln sind, je nach den grundlegenden Stoffen 3 Arten zu unterscheiden:

1. Kalktraßmörtel, 2. Traß-Zementmörtel, 3. Traß-Zement-Kalkmörtel.

1. Bei der Bereitung von Kalktraßmörteln ist auf eine innige Mischung, sowie auf das günstige Verhältnis aller Komponenten zu achten. Traß ist hierbei in einer solchen Menge zu nehmen, daß kein überschüssiger Kalk verbleibt, demgemäß ist bei Fettkalk weniger Kalk zu nehmen als wie bei magerem Kalk; namentlich ist eine möglichst vollkommene Bindung von Kalk bei Seebauten von Bedeutung. Der Wasserzusatz ist in engen Grenzen zu halten, damit der Mörtel gerade plastisch „kegelrecht“ werde.

Wird zu Pulver gelöschter Kalk verwendet, so werden die Stoffe trocken miteinander aufs innigste vermengt und erst alsdann Wasser zugefügt. Bei Kalkteig ist ein besonders gutes, andauerndes Durcharbeiten notwendig, um ein jedes Kalkteilchen mit dem Traß in Verbindung zu bringen. Wenn auch fertig angemachter Traßkalkmörtel, in größeren Mengen angerührt, seine Bindekraft längere Zeit unverändert bei-

---

1) Vergl. Dr. Hambloch Versuche auf Adhäsionsfestigkeit zwischen älteren Traßmörteln verschiedenen Alters mit frischen Mörteln. 1909. Kommissionsverlag O. Weber. Leipzig.

2) Vergl. hierzu die Ausführungen in dem Werke von Fülscher, Der Bau des Kaiser Wilhelm Kanals, Abt. I. Verlag Ernst und Sohn, Berlin. 1898. S. 131 und 83.

3) Vergl. die Arbeit von Dr. Hambloch: Der Traß. 1908. Kommissionsverlag Otto Weber. Leipzig. S. 31 u. flgd.

behält — im Gegensatze zu dem schnell abbindenden Zementmörtel —, so empfiehlt sich doch seine Verwendung in frischem Zustande.

Übliche Mischungen des Kalktraßmörtels sind:

		Ausbeute	Notwendig für 1 cbm Mörtel			
			Traß l [1])	gelöscht. Kalk l	Sand l	Wasser l
1	1½ RT. Traß + 1 RT. Kalkteig + 1¾ RT. Sand	2,92	500	340	560	140
2	1½ „ „ + 1 „ „ + 2 „ „	3,10	488	325	650	150
3	1 „ „ + 1 „ „ + 2 „ „	2,82	350	350	700	140
4	1 „ „ + 1 „ „ + 3 „ „	3,40	265	370	925	150

Mischung 1 ist für Talsperren von Intze eingeführt und wird heute noch vielfach innegehalten; Mischung 2 stellt einen guten dichten Traßmörtel für Wasserbauten aller Art dar; Mischung 3 und 4 dienen als verlängerter Traßmörtel für Bauausführungen über Wasser.

Der Mörtel ist sehr hydraulisch, erreicht schon nach kurzer Zeit ausreichende Festigkeit und ist billiger wie Zementmörtel.

Die Festigkeit des meistverwendeten Mörtels (1½ + 1 + 1¾) Nr. 1 kann

i. M. nach 6 Wochen auf Zug zu 15,0 kg/qcm; auf Druck zu 98 kg/qcm
nach 18 Wochen 21,5 „ 180 „

gerechnet werden. Als Verhältnis beider Festigkeiten kann $\frac{k_z}{k_d} = 1/6$ eingeführt werden.

Nach Burchartz ergeben sich nach 12 Wochen für diesen Mörtel Zugfestigkeiten von 25—33 kg/qcm und Druckfestigkeiten von 133—185 kg/qcm.

Von Dr. Hambloch wurden für Traßkalkmörtel, hergestellt mit Kalkpulver (von der Lahn) und normalkörnigem Rheinsande, die folgenden Festigkeiten gefunden (Normenprobe):

Mischung:	Druckfestigkeit in kg/qcm nach 28 Tagen	1 Jahr	2 Jahren
1 : 1 : 1	104	138,5	158,0
1 : 1½ : 2	99,5	157,0	194,0
1 : 2 : 3	75,0	128,0	146,0
1½ : 1½ : 2	120,0	190,0	221,0

Aus den Versuchen zeigt sich, daß bei den reinen Traßkalkmörteln durchaus nicht die fetteste — sonst beste — Mischung die höchsten Druckfestigkeiten liefert; es erklärt sich dies in der größeren Eigenfestigkeit der sandreichen Mischungen. Bezüglich der Zugfestigkeit zeigt sich jedoch, daß der fetteren Mischung auch der größere Widerstand entspricht.

Aus einer weiteren Reihe von Dr. Hamblochs Versuchen mit Fettkalkteig (gewonnen aus dem Marmorkalk von der Lahn) ergeben sich für eine Mischung von 1½ RT. Traß : 1¼ Kalkteig : 2 Normensand die nachfolgenden Druck- und Zugfestigkeiten:

[1]) 100 l Traß wiegen rd. 100 kg. Vgl. S. 694.

Alter der Versuchskörper:

	28 Tage	60 Tage	90 Tage	180 Tage	1 Jahr	2 Jahre	
Druckfestigkeit:	110,0	145,0	180,0	245,0	290,0	350,0	kg/qcm
Zugfestigkeit:	20,5	24,0	26,5	28,0	34,00	37,5	kg/qcm

Die Mörtel werden unter Wasser fester als an der Luft[1]); sie eignen sich besonders für Bauten, bei denen es sich um große Mauermassen handelt, da sie, wie vorerwähnt die Fähigkeit haben, längere Zeit elastisch zu bleiben als reiner Zementmörtel. Ihre Dichtigkeit ist sehr groß, bei den meistverwendeten Mischungen zwischen 3 und 4 schwankend, stets aber > 1.

2. Durch Zusatz von Traß zum Zementmörtel wird ein noch festerer Mörtel, als es der Kalktraßmörtel ist, erzeugt. Nach Untersuchungen von Hambloch[2]), sollte hier der Traßzusatz nicht höher genommen werden, als 0,7 RT. auf 1 RT. Zement, da eine solche Mischung die besten Ergebnisse gezeitigt hat. Zement und Traß sind hierbei trocken zu vermengen.

Verwendet wird in der Regel:

1. im Hafenbau: 1 Zement + (3/4)—1 Traß + 4—5 Sand + 1,20 Wassser = rd. 4,86 Mörtel;

2. für Schleusenbauten u. dgl.: 1 Zement + (3/4)—1 Traß + 2 1/2—4 Sand + 1,0 bis 1,20 Wasser = 3,34—4,56 Mörtel.

Dichtigkeit > 1.

Auf 1 cbm Mörtel sind zu rechnen rd. bei:

Mischung 1	240 l	Zement	+	240 l	Traß	+	960 l	Sand	+	290 l	Wasser,
	205 l	„	+	205 l	„	+	1030 l	„	+	290 l	„
„ 2	320 l	„	+	320 l	„	+	800 l	„	+	290 l	„
	240 l	„	+	240 l	„	+	960 l	„	+	290 l	„

Durch Traßbeimengung wird der Zementmörtel geschmeidiger, dichter, meist auch billiger; auch nimmt — wie vorerwähnt — seine Widerstandskraft gegenüber den schädlichen Einwirkungen des Seewassers, daneben vielfach auch seine Druck- und Zugfestigkeit zu. Erstere Erscheinung hat darin ihren Grund, wie Versuche von Dr. Michaëlis und Dr. Hambloch erwiesen haben, daß alle Portlandzemente bei ihrem Erhärtungsprozesse im Mörtel überschüssigen, freien, d. h. nicht an Silikate gebundenen Kalk, und zwar als Ätzkalk in kristallinischer Form ausscheiden, der dann vom Seewasser angegriffen wird und somit eine Zerstörung des Mauerwerkes oder des Betons in kürzerer oder längerer Zeit befürchten läßt. Hiergegen wirkt der Traß in hohem Grade günstig, indem seine Kieselsäure diesen freien Kalk chemisch bindet. Dies günstige Ergebnis haben auch die auf S. 638 bereits erwähnten Versuche bestätigt, welche seit Jahren auf der Insel Sylt im Gange sind.

Nach Lichterfelder Versuchen haben Traßzementmörtel allerdings mit hohem Sandzusatze die nachfolgenden Festigkeiten gezeigt[3]):

---

[1]) Bei Lufterhärtung wirkt ein geringer Gehalt an Portlandzement günstig.

[2]) Der Traß, seine Entstehung, Gewinnung und Bedeutung im Dienste der Technik, von A. Hambloch, Berlin, Julius Springer 1909, und weitere Arbeiten dieses Verfassers. Vgl. S. 693.

[3]) Vgl. hierzu: Traßmörtel von H. Burchartz, Berlin. 1908. (Julius Springer, Berlin.)

Mischung Raum-Teile	Zugfestigkeit in kg/qcm nach Tagen 14	28	90	Druckfestigkeit in kg/qcm nach Tagen 14	28	90	Verhältnis $\frac{\text{Zug}}{\text{Druck}}$ nach Tagen 14	28	90	
1 Z. + 0,75 T. + 5 Sand	19,1	23,1	31,2	153	198	280	$\frac{1}{8,0}$	$\frac{1}{8,6}$	$\frac{1}{9,0}$	Erhärtung $2^1/_2$ Tage in feuchtgehaltenen Kästen, alsdann unter Wasser von rd. 16° C.
1 „ + 1,0 „ + 6 „	12,9	17,9	27,2	98	132	210	$\frac{1}{7,6}$	$\frac{1}{7,4}$	$\frac{1}{7,7}$	
1 „ + 0,8 „ + 6 „	13,0	18,4	23,5	108	143	193	$\frac{1}{8,3}$	$\frac{1}{7,8}$	$\frac{1}{8,2}$	

Es kann mithin das Verhältnis der Zug- zur Druckfestigkeit zu rd. $^1/_{10}$—$^1/_8$ angenommen werden.

Inwieweit ein geeigneter Traßzusatz den Zementmörtel in bezug auf seine Festigkeit zu verbessern vermag, lassen die nachfolgenden Versuche von Dr. Hambloch deutlich erkennen:

Mischung:	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	Druckfestigkeit nach 2 Jahren	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	Zugfestigkeit nach 2 Jahren	
1 Zem : 3 normalkörniger Rheinsand	265	401	27,8	38,0	kg/qcm
1 „ : $^1/_8$ Traß : 3 „ „	309	465	33,5	40,1	
1 „ : $^1/_2$ „ : 3 „ „	359	540	36,1	42,4	
1 „ : $^3/_4$ „ : 3 „ „	328	519	35,8	47,4	
1 : 1 : 4 „ „	290	510	29,5	51,0	

Für Eisenbetonbauten an der See empfiehlt Dr. Hambloch Mischungen:

a) von 3 RT. Zem. : $1^1/_2$ RT. Traß : 4 RT. Sand bzw.

b) 2 : 1 : 4 in obiger Reihenfolge.

Bei Beton kann ein Zusatz bis zu 7 Teilen Kies bzw. Schotter zu diesen Mischungen erfolgen.

Die Festigkeiten sind bestimmt — Mischung a (3 : $1^1/_2$: 4) — zu:

Alter der Proben:	3 Tage	7 Tage	28 Tage	90 Tage	
Zugfestigkeit:	21,1	30,5	37,6	50,7	kg/qcm
Alter der Proben:	14 Tage	28 Tage	90 Tage		
Druckfestigkeit:	281	318	355		kg/qcm
Biegefestigkeit:	50,8	57,1	69,3		kg/qcm

Mischung b (2 : 1 : 4)

Alter der Proben:	3 Tage	7 Tage	28 Tage	90 Tage	
Zugfestigkeit:	20,3	29,6	34,7	42,8	kg/qcm
Alter der Proben:	14 Tage	28 Tage	90 Tage		
Druckfestigkeit:	27,9	307	325		kg/qcm
Biegefestigkeit:	45,8	53,3	62,8		kg/qcm

Traß-Zementmörtel werden sich vorwiegend für Bauwerke empfehlen, bei denen es auf eine schnelle Erhärtung, hohe Anfangsfestigkeit, aber nicht allzu große Dichtigkeit und hohe Elastizität ankommt.

3. Als Traß-Zementkalkmörtel empfiehlt Dr. Hambloch eine Mischung von $1^1/_2$ RT. Traß, 1 RT. Zement, $^2/_3$ RT. Kalk und 4 RT. Sand.

Die Festigkeit dieses Mörtels zeigt die nachstehende Zusammenstellung:

	Alter der Versuchskörper:						
	28 Tage	60 Tage	90 Tage	180 Tage	1 Jahr	2 Jahre	
Druckfestigkeit:	240	295	355	440	515	620	kg/qcm
Zugfestigkeit:	32,0	36,5	41,0	45,0	51,0	58,0	kg/qcm

Verhältnis beider Festigkeiten nach 2 Jahren 1 : 10,7. Der ausgezeichnete Mörtel ist dort zu verwenden, wo es auf hohe Dichtigkeit, größere Elastizität, und außergewöhnliche Festigkeit ankommt, namentlich bei Seebauten, bei denen durch die Einwirkung von Ebbe und Flut Ausspülungen des Mörtels zu befürchten sind. Der Zusatz von $^2/_3$ RT. Kalk hat hier durchaus keine schädliche Wirkung gegenüber dem Seewasser, weil derselbe hinreichend von dem zugesetzten Trasse, der zudem noch den überschüssigen Kalk im Zement festhält, gebunden wird.

Zu Traßbeton findet im Süßwasser eine Mischung aus Traß, Wasserkalk, Sand und Kies, und zwar im Verhältnisse von 1 : 1 : 1 bis $1^1/_2$: 4 bis 5 statt, je nach der Beanspruchung und Mächtigkeit des Baues, während für Seebauten Traßzement — und Traßkalkzementbeton eingeführt und bestens bewährt sind. Für erstere sind Mischungen empfohlen von:

1. 0,8 Traß + 1 Zement + 4 Sand + 7 Kies,
2. 0,8 „ + 1 „ + 6 „ + 12 „ .

Die Druckwürfelfestigkeiten beider Mischungen sind nach:

	14 Tg.	28 Tg.	90 Tg.	
1.	89	119	162	kg/qcm.
2.	46	54	82	kg/qcm.

Für Traßkalkzementbeton empfiehlt Dr. Hambloch Mischungen bei Betonbauten an der See von:

a) unter Wasser geschüttet:

2 RT. Traß + 1 RT. Kalkteig + 2 RT. Zement + 6 RT. Sand + 11,5 RT. Kies = 0,467 Mörtel + 0,785 Kies.

b) im Trockenen gestampft:

$1^1/_2$ RT. Traß + 0,75 RT. Kalkteig + 1 RT. Zement + 4 RT. Sand + 11,5 RT. Kies = = 0,4 Mörtel + 0,92 Kies[1]).

Nach Burchartz beträgt die Druckfestigkeit eines Traßkalkzementbetons von der Mischung in RT. von:

1 T. + 1 Z. + $^1/_2$ Kalkteig + 5 Sa. + 10 Kies } nach 14, 28, 90 Tagen, 77, 107, 144 kg/qcm.

Die Verwendung des Traßmörtels ist, wie aus den vorstehenden Darlegungen ersichtlich, eine außerordentlich vielseitige. Über die in den einzelnen Fällen zweckmäßigen Mischungen gibt die nachfolgende Tabelle, welche z. T. schon vorstehend erwähnte Mischungen enthält, Auskunft.

---

[1]) Vgl. auch die insbesondere für Eisenbetonbauten an der See von Dr. Hambloch empfohlenen Mörtel- bzw. Traß-Mischungen auf S. 697. Diese beiden Mischungen widerstanden dem Wasserdruck von 5,4 Atm. während 24stündigen Einwirkungen vollständig. Die Mörtel sind also als durchaus dicht erwiesen.

Zusammenstellung
erprobter Mischungsverhältnisse von Traßkalk-, Traßkalk-Zementmörteln und Traß-Zementmörteln und Betonen.

(Von Dr. A. Hambloch, Andernach a. Rh.)

Verwendungszweck	Mischungsverhältnisse Raumteile					Bemerkungen
	Traß	Zement	Kalkteig	Sand	Kies	
Hafenbauten	3/4 bis 1	1	—	4 bis 5	—	Der Kies- oder Schotterzusatz schwankt bei reinen Traßmörteln und Traß-Zementmörteln zwischen 4 bis 10 Raumteilen und richtet sich je nach den Erfordernissen, Dichtigkeit, Druckfestigkeit usw.
Schleusen- und Kaibauten	3/4 bis 1	1	—	2 1/2 bis 4	—	
Kanalbauten	1	2/3 bis 1	—	4 bis 5	—	
Allgemeine Bauten unter Wasser, z. B. Docks	1	—	2/3 bis 1	1 bis 1 1/4	—	bei Fettkalkpulver: 1 bis 1 1/2
Allgemeine Bauten im und über Wasser z. B. Talsperren	1 1/4 bis 1 1/2	—	1—1 1/4	1 1/2 bis 2 1/2	—	bei Fettkalkpulver: 1 1/2 bis 3/4
Trockenmauerwerk	1	—	2	3 bis 5	—	bei Fettkalkpulver: 3
Verputzarbeiten außen [1])	1 1/4	—	1	2 1/2 bis 3 1/2	—	bei Fettkalkpulver: 1 1/2
Beton unter Wasser (Seebau)	2	2	1	6	11 1/2	0,467 Mörtel auf 0,785 Kies
Beton über Wasser (Seebau)	1 1/2	1	3/4	4	11 1/2	0,40 Mörtel auf 0,920 Kies
Eisenbeton (Seebau)	1 1/2—1	3—2	—	4	bis 7	0,38 bzw. 0,275 Mörtel auf 0,431 bzw. 0,368 Kies
Eisenbeton über Wasser	1/2	1	—	2 1/2	6	0,400 Mörtel auf 0,920 Kies
Eisenbetonpfähle	1/2	1	—	3	4	0,467 Mörtel auf 0,735 Kies

Für die Prüfung von Traß auf seinen mörteltechnischen Wert sind durch Beschluß des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik in der 4. Versammlung zu Rüdesheim (vom 29. IX. 1900) Normen für die Prüfung von Traß angenommen worden, durch deren Einführung die bisher auf diesem Gebiete bestandene Unsicherheit beseitigt ist. Diese Normen sind durch weitere Beschlüsse vom Jahre 1908 (Versammlung in Darmstadt) ergänzt und erweitert worden. Ihre hauptsächlichsten Bestimmungen sind: Das Gestein, welches zur Vermahlung kommt, besteht etwa zur Hälfte aus hellem, zu 1/4 aus grauem und 1/4 aus blauem Traß. Guter Traß soll mindestens 7% Glühverlust (Hydratwasser, chemisch gebundenes Wasser) ergeben. Für die Prüfung auf Mehlfeinheit sind die für die Zementprüfung üblichen Siebe zu verwenden von 144, 900 und 5000 Maschen auf 1 qcm. Für die Siebung sind je 100 g bei 98—100° C getrocknetes Pulver zu benutzen und zwar soll die Siebung auf dem feinsten Siebe beginnen. Traß soll auf dem 900 Maschensieb nicht mehr als 20% Rückstand aufweisen.

[1]) Für Innenputz können fettere Mischungen gewählt werden; bei gleichem Traß- und Kalkzusatze etwa 1 1/2—2 1/2 Sand.

Die Prüfung auf Festigkeit soll in einer Mischung von Sand und Kalk erfolgen, und zwar sollen für die Zugprobe Achterkörper mit 5 qcm Zerreißfläche und für die Druckprobe Würfel von 50 qcm Grundfläche Verwendung finden.

Die Mörtelkörper aus 1 RT. Traß, 1 RT. Kalkteig (Normenkalk) und 1 RT. Normalsand sollen nach 28 Tagen Erhärtung — 3 Tage in feuchter Luft von 18—20° C, 25 Tage unter Wasser von gleicher Temperatur — mindestens 14 kg/qcm Zugfestigkeit und 70 kg/qcm Druckfestigkeit aufweisen. Die Mischung der Proben ist im Kollergange vorzunehmen und zwar zunächst Kalkteig und Traß und daraufhin das Gemisch beider mit Sand. Die Festigung der Proben in ihrer Form hat durch 150 Schläge des Böhmeschen Normalhammerapparates zu erfolgen. Die Körper werden mit der Form auf Glasplatten in feucht gehaltene, gedeckte Kästen gebracht und die Zugproben nach etwa ½, die Druckproben nach 2 Stunden ausgeformt. Zur Gewinnung wahrscheinlicher Mittelwerte sind von jeder Mischung mindestens 10 Zug- und 5 Druckproben zu prüfen.

Eine eigenartige Verwendung von Traß im Baufache ist seine Benutzung bei Erzeugung einer staubfreien Straßenbefestigung, und zwar das Pyknoton-Verfahren[1]).

Im allgemeinen stellt dies Verfahren eine Verbesserung des Nassauer Teerschotterverfahrens dar, welches nicht unerhebliche Anforderungen an gut geschulte Arbeitskräfte stellt und eine sehr peinlich genaue Ausführung verlangt, auch in seinem Gelingen von dem jeweiligen Wetter abhängen kann. Die Neuheit des Pyknoton-Verfahrens (DRP.) beruht in der Anwendung von Traß in Verbindung mit Löschkalk und Ätzkalk als Einbau-, Befestigungs- und Dichtungsmittel des Teerschotters.

Die Vereinigung der drei Stoffe: Traß, Löschkalk, Ätzkalk bietet für die vorliegenden Zwecke einen ausgezeichneten Stoff, da der Erhärtungsprozeß ein zwar langsamer, aber in hohem Grade vollständiger ist; von besonderem Einfluß ist hierbei der doppelte Charakter des Kalkes, da die bei Vereinigung beider Agenzien auftretende erhebliche Wärme bei Hinzutritt von Wasser (bzw. Feuchtigkeit) eine hervorragend gute Aufschließung der Kieselsäure im Gefolge hat und somit eine besonders gute Verfestigung des Traßkalkgemisches sichert. In dieser Beziehung zeigten Versuche, daß gegenüber Probekörpern, welche aus Traß und Kalkhydrat hergestellt wurden, solche unter Hinzufügung von Ätzkalk drei- bis fünfmal so große Festigkeit und Härte aufwiesen. Auch zeigte es sich, daß nicht — wie bei Baumörtel — hier nur die guten und teuren Traßarten Verwendung finden können, sondern daß sich für den vorliegenden Zweck durchaus ausreichende Festigkeits- usw. Ergebnisse unter Verwendung des sonst fast nur eine Abraummasse darstellenden Bergtrasses erzielen lassen. Es hat dies seinen Grund einerseits in der hier besonders ausgeprägten Aufschließung des Trasses, anderseits darin, daß bei der Beschotterung lange nicht die Anfangsfestigkeiten und die hohen Sicherheiten erforderlich sind wie bei einem Baumörtel.

Das Einbauverfahren der Pyknotonmethode besteht in folgendem:

Zunächst wird zur Innenbindung des Straßenkörpers eine pulverisierte, trockene Mischung von „Tuffasche", Ätzkalk und Kalkhydrat (Pyknoton I) in einem dem Teerpräparate entsprechendem Verhältnisse den vorher getrockneten, gereinigten und entstaubten Steinsorten beigemengt, also noch bevor sie zur Teerung gelangen.

Eine weitere Innenbindung wird vorgenommen, nachdem die untere Lage der Decke eingebaut ist, indem diese mit dem vorbeschriebenen Pyknoton I vor dem Walzen gleichmäßig abgedeckt und hierauf

---

[1]) Von Baurat J. Henning in Oberlahnstein und A. Hambloch in Andernach; vergl. u. a. Arm. Beton. 1910. Nr. 9.

eingewalzt wird. Ist dann die Oberlage der Decke aufgetragen und fertig gewalzt, wird eine Lage trockenen, pulverisierten Gemisches von Traß, Ätzkalk und Kalkhydrat — genannt Pyknoton II — mit feinem, reinem Sande bis 1 mm Korngröße zu gleichen Teilen trocken gemischt., in dünner Lage trocken aufgestreut, genäßt und eingeschlämmt; alsdann folgt eine zweite Lage von Pyknoten II mit Sand, gleich der ersten behandelt und eingeschlämmt.

Sollte hierdurch die Oberfläche noch nicht dicht geworden sein, so kann noch eine dritte Streulage aufgebracht werden. Schließlich läßt man diese Decklagen etwas „anziehen" und glättet sie mit der Dampfwalze.

Ist das Wetter trocken, so ist die Pyknotondecke in den ersten Tagen durch Begießen feucht zu halten.

Die Decke ist sofort so fest gedichtet, daß unmittelbar nach ihrer Fertigstellung Fuhrwerke bis 4t Ladegewicht sie befahren können; eine Störung des Abbindens der Innenbindung findet hierbei nicht. statt. Bei einer, auf der Bezirksstraße in Nassau a. d. L. ausgeführten Strecke zeigte sich, daß die Pyknotonausbildung schon nach 5 Tagen imstande war, Einzellasten von 150 kg/qcm Druck ohne Überanstrengung aufzunehmen.

Da der Einbau — vorausgesetzt, daß das Pyknotonpulver trocken bleibt — unabhängig ist von der Witterung, ferner aller überflüssige Teer gebunden und somit an dem sonst lästigen Herausquellen verhindert wird, auch die bisher mit der Unterhaltung der Straßen gemachten Erfahrungen sehr gute sind, so ist zu erwarten, daß die neue Baumethode sich bald einer größeren Verbreitung erfreuen wird. In diesem Sinne anerkennend haben sich auch die Verhandlungen auf dem II. internationalen Straßenbaukongresse zu Brüssel im August 1910 ausgesprochen.

Anschließend sei auf den Ausblick hingewiesen, welchen überhaupt für das gesamte Gebiet der Mörteltechnik die hier durchgeführte Vereinigung von einem kieselsäurereichen natürlichen Bindemittel mit Ätzkalk und Kalkhydrat liefert.

Von ausländischen hydraulischen Zuschlägen seien hervorgehoben:

a) Die Puzzolanerde, ein vulkanischer, erdiger Tuff, der sich am Südabhange der Apenninen von Rom bis Neapel findet und in größeren Mengen namentlich bei Puzzuoli ansteht; ihre Farbe ist gelblich bis aschgrau, der Bruch körnig, die Struktur erdig, wodurch die leichte Zerreibbarkeit des Gesteins bedingt ist. Das heute nicht nur in Italien in größerer Menge, sondern auch in Frankreich und England benutzte Zuschlagsmaterial wurde schon zu Zeiten des alten Roms in ausgedehntem Maße zu Hoch- und Wasser-, auch Seebauten verwendet. Dies zeigt uns die von Vitruv in seinem Werke De Architectura im zweiten Buche gegebene in Anm. 2 S. 580 wiedergegebene Mitteilung.

Nach chemischen Analysen besteht die italienische Puzzolanerde aus etwa 45 v. H. Kieselsäure, 15 v. H. Tonerde, 12 v. H. Eisenoxyd, 9 v. H. Kalk, 5 v. H. Magnesia usw.; ihr spezifisches Gewicht beträgt 2,4.

Wenig Anklang hat eine künstliche Puzzolanerde gefunden, hergestellt aus 1 Gew.-T. fettem Kalkbrei, 4 T. Ton und 1/4 T. Sand. Diese Masse wurde in Ziegeln geformt, getrocknet, gebrannt und alsdann fein gemahlen.

Die Verwendung der Puzzolanerde zu Mörtel und dessen Bereitung ist ähnlich wie beim Traß. Das Mischungsverhältnis wird meist so gewählt, daß die Zwischenräume des hydraulichen Zuschlages und Sandes möglichst vollkommen mit Kalkbrei ausgefüllt werden. Dies wird im allgemeinen erreicht bei Vermengung von 1 Gew.-T. Kalk auf 2 bis 3 T. Sand und 3 T. Puzzolanerde. Die Benutzung des Mörtels ist die gleiche wie bei Traß; auch hier spielt die Verwendung zu Wasserbauten eine große Rolle.

b) Die Santorinerde — gleich dem vorigen Zuschlag ein Erzeugnis vulkanischer Tätigkeit — findet sich auf den griechischen Inseln Santorino, Thirasia und Aspronisi; sie ist dem Traß sehr ähnlich, ihm gegenüber nur durch einen höheren Kieselsäuregehalt ausgezeichnet und eignet sich demgemäß namentlich zu Seebauten, jedoch nicht zu Bauten an der Luft, da der Mörtel durch Einwirkung der Sonnenbestrahlung mürbe und bröckelig wird. Ihre Hauptbestandteile sind: 69 v. H. Kieselsäure, 13 v. H. Ton-

erde, 2,4 v. H. Eisenoxyd usw. Die Mörtel werden meist aus 3/4 T. Santorinerde und 1/4 T. Kalkbrei, ohne besonderen Wasserzusatz, gemengt.

Von **künstlich** hergestellten hydraulischen Zuschlägen, die — wie eingangs bemerkt wurde — wenig allgemeine Bedeutung haben, seien kurz erwähnt:

a) Gebrannte und fein gemahlene Tonziegel; dem Kalkmörtel (1 : 2) zugesetzt wandelt dieses Steinmehl (1 Gew.-T.), den Luftmörtel in einen allerdings nur gering hydraulischen Mörtel um, der um so wirksamer beeinflußt wird, je härter gebrannt und je reicher an SiO_2 der Ziegelstein ist.

b) Hochofenschlacken von geeigneter Zusammensetzung, d. h. einem Gehalt von 50—60% Kieselsäure und 15—20% Tonerde; besonders günstig wird für die Zwecke der Mörtelbereitung eine Schlacke beeinflußt, wenn man sie „tempert", d. h. unter einer Kohlenlöschdecke langsam abkühlen läßt. Dem Kalkbrei zugesetzt, führen diese Schlacken zu sehr fest werdenden, drucksicheren Wassermörteln, die aber auch gut an der Luft erhärten.

c) Vollständig ausgebrannte Stein- oder Braunkohlenasche in gepulvertem Zustande.

d) Kieselsäurereiche Abfälle verschiedener chemischer Industrien, z. B. der Alaunindustrie (Si-Stoff).

Literatur-Nachweisung

zu Kapitel XXIX [1]).

Wegen den verwendeten Abkürzungen vgl. die Literatur-Nachweisungen zu den ersten Kapiteln.

§ 92.

Zeitschriften: Baumaterialienkunde. — Tonindustriezeitung. — Deutsche Bauzeitung. — Zentralblatt der Bauverwaltung. — Zeitschrift für Architektur- und Ingenieur-Wesen. — Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereins. — Österr. Monatsschrift für den öffentlichen Baudienst. — Schweizer Bauzeitung.

1. Kiepenheuer, Dr., L., Kalk und Mörtel. Köln. 1907. Selbstverlag.
2. Handbuch der Architektur. Teil I. Die Technik der wichtigeren Baustoffe. S. 135 u. ff.
3. Krüger, Baustofflehre. II. Teil. Hartlebens Verlag. 1899.
4. Glinzer, E., Baustoffkunde. Abschnitt II. Dresden. 1912. Verlag G. Kühtmann.
5. Nöthling, E., Die Baustofflehre. Leipzig. 1900. Verlag B. F. Voigt.
6. Gerhardt, E., Baustoffkunde, ein Handbuch für Studium und Praxis. Verlag. Otto Spamer. 1912. S. 83—87.
7. Rauter, Dr., G., Die Industrie der Silikate der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Goeschens Verlag Leipzig. 1904. Teil II.
8. Tormin, A., Kalk, Zement und Gips. In 4. Auflage bearbeitet von E. Nöthling. Verlag Voigt. Leipzig. 1905.
9. Scheck, R., Verdingungsunterlagen für Ingenieurbauten. Verlag W. Engelmann. Leipzig. 1911.
10. Beutinger, E., Arbeitsverträge für das Baugewerbe. Verlag Alex. Koch. Darmstadt. 1907. S. 23—46 und 86.
11. Zulkowski, Karl, Zur Erhärtungstheorie des natürlichen und künstl. hydraul. Kalkes. Verlag Gärtner. Berlin. 1898.

[1]) Vergl. hierzu auch die vielen im Texte angegebenen einzelnen Literaturstellen.

§ 93.

Zeitschriften: Vergl. vorstehend unter § 92.

Dsgl. Werke allgemeiner Art über Baustoffe.

1. Moye, Dr., A., Die Gewinnung und die Verwendung des Gipses. Verlag W. Jaenecke. Hannover. 1908.
2. Heusinger v. Waldeck, E., Der Gips. Neubearbeitet in 2. Aufl. von Dr. A. Moye. Verlag Th. Thomas. Leipzig. 1906.
3. Das kleine Gipsbuch. Herausgegeben vom Verein der Gipsinteressenten.
4. Burchartz, H., Luftkalke und Luftmörtel. Ergebnisse von Versuchen, ausgeführt im Kgl. Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde-W. Verlag Julius Springer. Berlin. 1908.
5. Kiepenheuer, Dr, L, Kalk und Mörtel. Köln. 1907. Selbstverlag.
6. Derselbe, Wasserkalk. Bonn. 1911. S. 198 ff.
7. Tormin, A., Kalk, Zement und Gips. In 4. Auflage bearbeitet von E. Nöthling. Verlag Voigt. Leipzig 1905.

§ 94.

Zeitschriften: Vergl. vorstehend unter § 92.

Dsgl. Werke allgemeiner Art über Baustoffe.

1. Kiepenheuer, Dr., L., Wasserkalk, eine gemeinfaßliche Monographie. Bonn. Karl Georgi, Universitätsbuchdruckerei und Verlag. 1911.
2. Zwick, Dr., H., Hydraulischer Kalk und Portlandzement. 3. Auflage v. Dr. A. Moye. Hartlebens Verlag. 1909.

§ 95.

1. Kiepenheuer, Dr., L., Wasserkalk. Bonn. 1911. S. 200 u. ff.
und die bei § 92 aufgeführten Zeitschriften und Werke allgemeiner Art über Baustoffe.

§ 96.

Zeitschriften: Vergl. unter § 92, zudem: Beton und Eisen. — Armierter Beton (namentlich dessen Literaturnachweise über das Material). — Deutsche Bauzeitung, Abteilung Zement usw. — Werke allgemeiner Art über Baustoffkunde (vergl. § 92).

1. Deutche Normen für Portlandzement. 1910. Verlag Tonindustrie-Zeitung.
2. Das kleine Zementbuch, herausgegeben vom Verein Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten.
3. Protokolle der Hauptversammlungen des Vereins der Deutschen Portland-Zement-Fabrikanten.
4. Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen. Verfaßt im Auftrage des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten. 4. Auflage. 1912. Verlag Deutsche Bauzeitung. (Erstklassiges Handbuch.)
5. Ast, Feodor, Der Beton und seine Anwendung. Verlag Tonindustrie-Zeitung. 1907.
6. Handbuch für den Eisenbetonbau. 2. Auflage. II. Band. Verlag Ernst u. Sohn. Berlin.
7. Foerster, M., Material und statische Berechnung der Eisenbetonbauten. Verlag W. Engelmann. 1907.
8. Derselbe, Taschenbuch für Bauingenieure. Verlag W. Springer. 1911.
9. Derselbe, Geschichte des Eisenbetonbaues im Handbuch für Eisenbeton. I. Bd. 1. u. 2. Aufl. Berlin. Verlag Ernst u. Sohn. 1907 und 1912.
10. Quietmeyer, Fr., Zur Geschichte der Erfindung des Portlandzementes. Verlag Tonindustrie-Zeitung. 1912.
11. Zwick, Dr. H., Hydraulischer Kalk und Portlandzement. 3. Auflage von Dr. A. Moye. Hartlebens Verlag. 1909.
12. Schumann, Dr., Über Portlandzement u. Traßmörtel. Vortrag a. d. Hauptvers. d. Ver. Deutsch. Portland-Zement-Fabrikanten. 1909.
13. Einwirkung von Schwefelsäure auf Portland-Zement. Sonderabdruck a. d. Prot. d. Hauptvers. d. Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten. 1911.
14. Arlt, R. v., Laboratoriumsbuch für die Zementindustrie. Verlag W. Knapp. Halle a. d. S. 1910.
15. Kiepenheuer, Dr., L., Wasserkalk. Bonn. 1911. S. 201 u. ff.
16. Desselben Werk, Kalk und Mörtel. Köln. 1907. S. 148 u. ff.
17. Safir, B., Beschaffenheit, zweckm. Mischungsverhältnisse und Ausbeute hydraul. Baustoffe. Berlin. Verlag Ernst und Sohn. 1909.

18. Castner, W., Der Zement und seine ration. Verwertung zu Bauzwecken. 3. Aufl. Karl Scholtze. 1900.
19. Rohland, Dr., P., Der Eisenbeton. Kolloid-chemische und physikalisch-chemische Untersuchungen. Verlag Otto Spamer. Leipzig. 1912.
20. Keisermann, Dr., S., Der Portlandzement, seine Hydratbildung u. Konstitution, Verlag Th. Steinkopf. Dresden. 1910.
21. Nitzsche, H., Materialbedarf und Dichtigkeit von Betonmischungen. Verlag W. Engelmann. 1907.
22. Bazali, M., Die Kalkulation und das Voranschlagen von Eisenbetonbauten. Verlag O. Streit. Glauchau. 1912.
23. Fresenius, W., Über den Nachweis fremder Zumischungen im Portlandzement. Deutscher Verlag. Berlin. 1904.
24. Germer, H., Mörteluntersuchungen. Verlag Tonindustrie-Zeitung. 1910. Text und Tafeln.
25. Schmidt, Dr., O., Der Portlandzement auf Grund chemisch-petrogr. Forschung. Verlag Konrad Wittwer. Stuttgart. 1906.
26. Bach, C. v., Mitteilungen über die Herstellung von Betonkörpern mit verschiedenem Wasserzusatze sowie über die Druckfestigkeit und Druckelastizität derselben. Teil I, II u. III. Stuttgart. A. Kröner.
27. Derselbe, Über die Elastizität des Zementmörtels. Z. d. V. D. Ing. 1895. S. 489. 1896. S. 381. 1897. S. 241. 1902. S. 25.

Veröffentlichungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton

(soweit sie für das vorliegende Werk Bedeutung haben).

Heft 1 bis 3. Bericht über die von der Materialprüfungsanstalt an der Königlichen Technischen Hochschule Stuttgart im Jahre 1908 durchgeführten Versuche mit Eisenbetonbalken namentlich zur Bestimmung des Gleitwiderstandes. Erstattet vom Vorstande der Anstalt C. Bach unter Mitwirkung von O. Graf. (Veröffentlicht in H. 72—74 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure.) 1909.

Heft 4. Fortsetzung von Heft 1 bis 3. (Veröffentlicht in Heft 95 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure.) 1910.

Heft 5. Versuche mit Eisenbetonsäulen Reihe I und II. Ausgeführt im Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West. Bericht erstattet von Professor M. Rudeloff, Geh. Regierungsrat, Direktor im Kgl. Materialprüfungsamt. 1910.

Heft 6. Versuche über den elektrischen Widerstand von unbewehrtem Beton. Ausgeführt in der Großh. Materialprüfungsanstalt an der Techn. Hochschule zu Darmstadt in den Jahren 1908 und 1909. Bericht erstattet von Professor O. Berndt, Geh. Baurat, Professor Dr. Wirtz, Geh. Hofrat, unter Mitwirkung von Dr.-Ing. W. Müller. 1911.

Heft 7. Versuche mit Eisenbetonbalken zur Bestimmung des Gleitwiderstandes. Ausgeführt in der Königl. Sächsischen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt in Dresden im Jahre 1908. Bericht erstattet von Professor H. Scheit, Geh. Hofrat, Direktor der Königl. Sächsischen Techn. Versuchsanstalt unter Mitwirkung von Privatdozent O. Wawrziniok, Adjunkt der Versuchsanstalt. 1911.

Heft 8. Versuche über das Verhalten von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Zement, Beton und den damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten. Ausgeführt im Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West in den Jahren 1908 bis 1910. Bericht erstattet von Professor E. Heyn, Direktor im Kgl. Materialprüfungsamt. 1911.

Heft 11. Brandproben an Eisenbetonbauten. Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West im Jahre 1910. Bericht erstattet von Professor M. Gary Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt. 1911.

Heft 13. Versuche über den Einfluß von Kälte und Wärme auf die Erhärtungsfähigkeit von Beton. Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West im Jahre 1911. Bericht erstattet von Professor M. Gary, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt. 1912.

Heft 15. Versuche über den Einfluß der Elektrizität auf Eisenbeton. Ausgeführt in der Großh. Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt in den Jahren 1909 bis 1911. Bericht erstattet von Professor O. Berndt, Geh. Baurat, Vorstand der Materialprüfungsanstalt, Professor Dr. K. Wirtz, Geheimer Hofrat, unter Mitwirkung von Privatdozent Dr.-Ing. E. Preuß. 1912.

Heft 16. Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Beton und Eisenbeton gegen Verdrehung. Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Technischen Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1910 und 1911. Bericht erstattet von Dr.-Ing. C. Bach, K. Württ. Baudirektor, Professor, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt, und O. Graf, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt. 1912.

Heft 17. Versuche mit Stampfbeton. Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West in den Jahren 1905 bis 1910. Bericht erstattet von Geheimem Regierungsrat Professor M. Rudeloff, Direktor, und Professor M. Gary, Abteilungsvorsteher im Königlichen Materialprüfungsamt. 1912.

Heft 19. Prüfung von Balken zu Kontrollversuchen. Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlich Techn. Hochschule zu Stuttgart in den Jahren 1910 und 1911. Bericht erstattet von Dr.-Ing. C. Bach, K. Württ. Baudirektor, Professor, Vorstand des Ingenieurlaboratoriums und der Materialprüfungsanstalt und O. Graf, Ingenieur der Materialprüfungsanstalt. 1912.

Bestimmungen aufgestellt vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton.

1. Allgemeine Bestimmungen für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton. 7. Auflage. 1911.

2. Normen für vergleichende Druckversuche mit Stampfbeton (Laboratoriumsversuche). 6. und 8. Auflage. 1911.

3. Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten aus Stampfbeton. 6. und 7. Auflage. 1911.

Kataloge usw. der Firmen:

G. Polysius-Dessau, Eisengießerei und Maschinenfabrik. — Vgl. auch die Sonderschrift letztgenannter Firma: Portlandzementwerk Balingen.
Rudolf Witte, Ingenieur, Osnabrück.
Gauhe, Gockel & Cie., Oberlahnstein a. Rh.
Ph. Deutsch-Berlin (Ransome Betonmischmaschine).
Kgl. Bayer. Hüttenamt Sonthofen (Kunzmischmaschinen).
Georgs-Marien-Bergwerks- und Hüttenverein (Eirich-Mischmaschine).
P. L. Smith & Cie., Kopenhagen und Berlin (Kominor, Diana Rohrmühle). — Vergl. auch die Schrift der vorstehenden Firma: „Über Fortschritte in der Technik der Zementindustrie".
Leipziger Zementindustrie Dr. Gaspary & Cie., Markranstädt bei Leipzig.
Ratzinger und Weidenkoff-München.
Rheinpfälzer Eisenindustrie (Kaiser und Schlaudecker), St. Ingbert.
Allgemeine Baumaschinen-Bedarfs-Gesellschaft, G. m. b. H. Leipzig.
Excelsior-Maschinenbau-Gesellschaft, G. m. b. H., Stuttgart.
Bünger, Baumaschinenfabrik, A.-G., Düsseldorf.
usw.

§ 97.

Zeitschriften: Vergl. unter §§ 92 und 96, zudem Zeitschrift Stahl und Eisen.

Werke allgemeiner Art über Baustoffkunde, vgl. § 92.

1. Passow, Dr., H., Die Hochofenschlacke in der Zementindustrie. A. Stubers Verlag. Würzburg. 1908.
2. Mitteilungen aus der chem.-techn. Versuchsstation von Dr. H. Passow in Blankenese. Leipzig. Verlag Veit & Cie.
3. Eisenportlandzement, Taschenbuch herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenportland-Zement-Werke. 2. Aufl. 1904. A. Bagel. Düsseldorf.
4. Fleißner, Hans, Eisenhochofenschlacken, ihre Eigenschaften und ihre Verwendung. Verlag W. Knapp. Halle a. S. 1912.
5. Birk, Alfred, Der Königshofer Schlackenzement. Prag. 1905. Calvesche Buchhandlung.
6. Bericht über den Stand der Schlackenmischfrage. Sonderabdruck aus dem Protokoll der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabriken. Berlin 1907 und 1910.
7. Gary, M., Über den Nachweis freier Hochofenschlacke im Zement. Sonderabdruck aus den Mitteilungen des Königlichen Materialprüfungsamtes Groß-Lichterfelde-West. 1905.

§ 98.

Zeitschriften: Vergl. unter §§ 92, 96 und 97.

Werke allgemeiner Art über Baustoffe, vergl. § 92.

1. Hambloch, A., Der Traß, seine Entstehung, Gewinnung u. Bedeutung im Dienste der Technik, Vortrag, Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. 1909. S. 663. Sonderabdruck. 1909. Julius Springer.
2. Derselbe, Die bedeutendsten Mörtelbildner in Deutschland. 1911. Julius Springer.
3. Derselbe, Die rheinischen Puzzolane: Der Traß, ein Beitrag zur Lösung der Frage über das Wesen der Puzzolane und ihren Erhärtungsvorgang mit Kalk. 1908. Kommissionsverlag. Otto Weber. Leipzig.
4. Derselbe, Zement-Kalkmörtel bei Talsperrenbauten. Arm. Bet. 1910.
5. Derselbe, Versuche auf Adhäsionsfestigkeit von Traßmörteln. Andernach. 1909. Selbstverlag. (Enthält Literaturnachweisung der bis 1909 erschienenen Arbeiten von Hambloch.)
6. Derselbe, Ist Diatomeenerde eine Puzzolane? Arm. Bet. 1912. Nov.-Heft.
7. Kiepenheuer, Dr., L., Wasserkalk. Bonn. 1911. S. 205 u. ff.
8. Derselbe, Kalk und Mörtel. Köln. 1907. S. 120 u. ff.
9. Schumann, Dr., Über Portlandzement und Traßmörtel. Vortrag auf der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Portland-Zement-Fabrikanten. 1909.
10. Burchartz, H., Traßmörtel. Berlin. 1908. Verlag Julius Springer.

Kapitel XXX.

Asphalt und verwandte Baustoffe (namentlich Kitte.)

§ 99. Die Bildung, das Vorkommen, die Arten und Zusammensetzung des Naturasphaltes, sowie seine Haupteigenschaften, seine Gewinnung und seine Prüfung[1]).

Der in der Natur sich findende Asphalt tritt in sehr verschiedener Form, Dichte, Farbe. usf. auf, und zwar als harter pechähnlicher, mehr oder weniger spröder, glänzend schwarzer Körper — Natur-Asphalt —, oder in Form von zähflüssigem bzw. weichem „Bergteer", endlich in inniger Verbindung mit porigen Gesteinen, die er durchsetzt hat, als „Asphaltstein".

Durch geologische Forschung, wie auch auf dem Wege des Versuches, ist nachgewiesen, daß der Asphalt in innigster Beziehung zum Erdöl (Petroleum) steht, das im Erdinnern unter sehr hohem Drucke und hoher Wärme entstanden, in den oberen kälteren Erdschichten sich verdichtete und in dieser Form entweder als Naturasphalt oder Bergteer unmittelbar primär oder, von hier fortgeführt, sekundär zur Ablagerung gelangte oder endlich von porösen Gesteinen durch Aufsaugung aufgenommen wurde und den Asphaltstein bildete. Die Natur dieser bituminösen Gesteine: Molasse oder Breccien von Quarzkieseln, Kalksteine, kalkige Schiefer, Schiefertone gestatten durchaus diese Einwirkung des Asphaltes, und zwar um so leichter, unter je höherem Druck das flüssige oder in Dampfform gelangte Erdöl stand. War der Druck nicht ausreichend, um das Gestein zu imprägnieren, so bildeten sich in Spalten, Klüften, als Überdeckung der Gesteine usw. zusammenhängende Lagen von starrem, festem Bitumen, also mehr oder

---

[1]) Vergl. u. a. hierzu das Werk von Dr. Jul. Swoboda „Der Asphalt und seine Verwendung" Hamburg und Leipzig. Verlag L. Voß. 1904. Diesem Werke sind manche der nachfolgenden Angaben entnommen.

weniger reinem Asphalte. Es ist naturgemäß, daß ein so leicht bewegliches Material wie das Erdöl seine Entstehungsstelle leicht verlassen kann; demgemäß ist auch das in Asphalt umgebildete Erdöl durchaus nicht immer an der Stelle entstanden, an welcher Asphalt sich findet. Da nach neueren Forschungen über die Entstehung des Erdöles sein Werden in erster Linie auf animalischen Ursprung zurückgeführt wird, besonders aus dem Fette von Seetieren[1]) durch Zersetzung oder Destillationsvorgänge bei nicht allzuhoher Temperatur, aber hohem Drucke, so ist auch Asphalt in letzter Linie als ein aus Lebewesen entstandenes Produkt anzusehen.

Asphalt, auch mit dem aus seiner alt-lateinischen Benennung „Pix tumens" entstandenen Worte „Bitumen", oder als Bergpech bezeichnet, findet sich mit seinen Abarten Bergteer und Asphaltstein an sehr vielen Stellen der Erde. Die Hauptfundgegenden bzw. -orte sind[2]):

a) das Tote Meer, die älteste bekannte Fundstelle von Asphalt, der als syrischer Asphalt im Handel bezeichnet wird. Hier findet man den, durch einige heiße, in das tote Meer einmündende Quellen in geschmolzenem Zustande eingeführten Asphalt entweder an der Oberfläche des hoch salzreichen Wassers schwimmend oder an den Seeufern in grossen Massen angehäuft vor. Der hier anstehende, ziemlich reine Asphalt ist von schwarzer Farbe, zeigt muscheligen Bruch, ein Raumgewicht von 1,103 und einen Schmelzpunkt von 135° C.

Überhaupt ist Syrien ein Land, das im allgemeinen reich an Asphalt ist, namentlich in der Gegend des Toten Meeres, sowie zwischen Jerusalem und Jericho; jedoch sind die früher bergmännisch ausgebeuteten Lager heute fast ausnahmslos nicht mehr im Betriebe, nur zu Herbaya wird noch eine sehr beschränkte Gewinnung aufrecht erhalten.

Weniger wichtige Fundstellen in Asien sind das Elbrusgebirge in Persien, Rangoon in Indien, der Ural, Turkestan, die Gegend des Kaspischen Meeres, der Kaukasus usw.

b) Die Insel Trinidad, vor der Mündung des Orinoco liegend, zeigt eines der mächtigsten Asphaltlager der Welt, das voraussichtlich noch nach Jahrhunderten nicht erschöpft sein dürfte. Hier befindet sich ein grosser, rund 40 ha bedeckender Pechsee, der in seiner Oberfläche ganz aus Asphalt besteht, nahe dem Ufer fest, in der Mitte im allgemeinen weich ist, hier aber auch in der Regenzeit erstarrt. Die Tiefe des Sees wird auf 6 m am Rande, in der Mitte auf 25 m geschätzt; seitlich und von unten aus scheint der Asphalt zuzufließen, da sich trotz der gewaltigen Entnahme noch kein Rückgang des Lagers gezeigt hat und die durch Aushebung des Materials gebildeten

---

1) Wahrscheinlich sind durch geologische Hebungen und Senkungen der Ufer Buchten vom Meere abgeschnitten worden, in denen dann durch plötzlichen Eintritt anders gearteten Wassers, durch heiße Quellen, vulkanische Einflüsse oder dgl. ein Massensterben von Seetieren eingetreten ist; hierbei kommen sowohl das Plankton als auch größere Lebewesen der See in Frage; noch heute gibt es am Kaspischen Meere eine Bucht, in welche sich ein Wasserstrom mit geringerem Salzgehalte ergießt, der hier alle Lebewesen und namentlich die zur Laichzeit in die Bucht kommenden Fische abtötet.

Die obige Theorie findet auch darin ihre Stützung, daß sich stets an Fundorten von Erdöl auch Seesalzablagerungen zeigen, und daß es experimentell gelungen ist, tierische Fette in petroleumähnliche Produkte umzuwandeln. Wenn auch wohl nicht abgeleugnet werden kann, daß an verschiedenen Stellen Erdöl auch aus untergegangenen Wäldern, also aus Pflanzen und Pflanzenfetten entstanden sein dürfte, so erscheint es doch unter Würdigung der geologischen Begleiterscheinungen, namentlich der Auffindung von Salz und Salzwasser, bei den großen Petroleumlagern als unwahrscheinlich, daß hier Pflanzen eine erhebliche Rolle gespielt haben, da ihre Ablagerungen nicht marinen Charakter zeigen.

2) Vergl. hierzu: „Der Asphalt und seine Verwendung" von Dr. Julius Swoboda. Verlag L. Voß, Hamburg-Leipzig 1904 und „Die Asphaltindustrie" von Fel. Lindenberg. Hartlebens Verlag.

Vertiefungen sich durch seitlichen Nachschub bald wieder schließen[1]). Neben dem See findet sich nahe der Küste und an anderen Stellen im Lande Asphalt; das aus dem See gewonnene Material ist jedoch bedeutend reiner als der durch fremde Stoffe ziemlich stark verunreinigte „Landasphalt". Der Trinidadasphalt kommt in Fässern in vorgereinigtem Zustande in den Handel, um nicht die überflüssigen, wertlosen Beimengungen mit verfrachten zu müssen. Da im allgemeinen der Rohasphalt von Trinidad aus $^1/_3$ reinem Bitumen, $^1/_3$ Wasser und $^1/_3$ erdigen Beimengungen besteht, ist leicht zu erkennen, welche hohe Bedeutung eine Entfernung letzterer bei den Beimengungen hat. Die Reinigung wird in sehr einfacher Weise in der Art ausgeführt, daß man Asphalt in große Kessel bringt und ihn hier während einer Dauer von 12 Stunden erhitzt. Hierbei wird das Wasser verdampft, der Asphalt dünnflüssig gemacht, und somit das leichtere Bitumen von den schwereren, zu Boden sinkenden Erdteilen befreit; ersteres wird schließlich mit großen Kellen in offene Tonnen geschöpft, in denen es für die Verfrachtung erstarrt.

Trinidad-Asphalt ist von nicht ganz schwarzer, sondern ins Braune übergehender Farbe, sein Schmelzpunkt liegt bei 130° C.

Gegenüber von Trinidad auf der Insel Pedernales finden sich ebenfalls weit ausgedehnte Asphaltlager, die von einer deutschen Gesellschaft ausgebeutet werden.

c) Die Insel Barbados. Hier findet sich ein unter dem Namen Manjak bekannter bröckeliger, wertvoller, vorwiegend für Lacke, Farben und Isoliermaterialien benutzter Asphalt in größeren Gängen, aus denen er bergmännisch gewonnen wird. Die größte Grube ist die Merivall-Grube.

d) Venezuela (bei Bermundez und Guanaco in der Nähe des Paria-Golfes), Peru (Coxitambo-Asphalt, sehr rein), Argentinien.

e) Die Insel Kuba (bei la Paz, bei Ranchuelo, an der Bucht von Cardenas usw.).

f) Nordamerika (Utah, Colorado, Texas, Kalifornien, namentlich im Kreise Santa-Barbara, am Huron-See in Kanada).

g) Mexiko. Hier finden sich sehr bedeutende Lager, u. a. im Bezirke Sota della Marina, aus denen der Asphalt auch nach Europa als „Chapota-Asphalt" gebracht wird; es ist dies ein braunes Pulver mit starkem Geruche.

h) Das Val de Travers im Schweizer Jura zeigt eines der großartigsten Vorkommen von Asphalt in der Welt, da sich dieser hier in einer Längenausdehnung von rd. 10 km und auf 2,5 km Breite vorfindet. Die Stärke der Bänke wechselt von 1—5 m. Der Rohstoff — ein Asphaltstein — ist ein an Bitumen sehr reiches, wertvolles und fast überall gleichartiges Material.

Weitere größere Asphaltlager in der Schweiz findet sich bei Couvet, bei Credo unweit der französ. Grenze und bei la Presta im Kanton Neufchâtel.

i) In Frankreich finden sich die bekanntesten Gruben im Rhonetale bei Seyssel (Kalk-Asphaltstein), sowie bei Diablerets und Pyrimont im oberen Jura, daneben an zahlreichen Stellen, vorwiegend im Südosten des Landes.

k) Italien. Hier sind als Fundstellen zu nennen: Die Abruzzen, namentlich zwischen San Valentino und Manopella, und am Kap Ancona, die Gegend von Neapel, Sizilien, vornehmlich die Gegend von Syrakus und Ragusa.

l) Spanien namentlich die mächtigen Lager in der Nähe von Vittoria.

---

[1]) Obwohl in den letzten Jahren 120—130000 Tonnen jährlich gewonnen worden sind, zeigt der See keine Senkung. Die namentlich in der Mitte halbflüssige Masse stellt sich stets wieder auf die alte Spiegelhöhe ein.

m) Österreich-Ungarn. Hier sind zu nennen die Gruben von Steyersdorf (Steiermark), Seefeld (Tirol), Spalato (Schiefermergel mit 15—40 v. H. Bitumen), Großwardein (mächtige Asphalt-Sand-Lager), Kronstadt (Asphaltkalkstein) usw.

n) In Deutschland endlich findet sich Asphalt zwar an vielen Orten, die aber für seine Gewinnung fast nur eine örtliche Bedeutung haben. Besondere Wichtigkeit haben hier nur erlangt die Fundstellen zu Lobsann im Elsaß, Limmer bei Hannover, Vorwohle in Braunschweig. In Lobsann[1]) steht ein Asphaltkalk mit 7—18% Bitumen in ungefähr 20 m Mächtigkeit an, an den sich Asphaltsand von etwa 6 m Stärke der Schicht nach unten zu anschließt, während bei Limmer, namentlich bei den Dörfern Ahlem und Velber von Asphalt durchtränkte Kalksteinmassen sich finden, deren Gehalt an Bitumen von oben nach unten von etwa 8 auf 30 v. H. zunimmt. In Vorwohle endlich, am Abhange des Hils-Bergzuges im Braunschweigischen gelegen, findet sich ein Asphaltkalkstein mit etwa nur 6 v. H. Bitumen, der aber doch im großen zur Erzeugung von Asphaltmastix usw. ausgebeutet wird und in Zukunft noch weiter erschlossen werden soll, um so mehr als höherwertige Schichten in neuerer Zeit aufgedeckt wurden.

Die chemische Zusammensetzung des Asphalts ist, wie aus der Art seiner Entstehung erklärlich, keine überall gleiche; charakteristisch-chemische Übereinstimmungen treten nicht auf. Die chemisch-quantitative Analyse gibt demgemäß auch keinen allzu wertvollen Anhalt über die Güte des Materials und seine für die Baupraxis wichtigen Eigenschaften und die aus ihnen abzuleitende, wahrscheinliche Bewährung. Im allgemeinen können die Rohasphalte, d. h. das in der Natur sich findende rohe Bitumen, als ein schwefelhaltiger Kohlenwasserstoff[2]) angesehen werden, während Bergteer als eine Lösung solcher Stoffe in flüssigen Kohlenwasserstoffen aufzufassen ist. Von der Menge der letzteren hängt die mehr oder minder flüssige Beschaffenheit des Bergteers ab.

Über die Größe des Gehaltes an reinem Bitumen, der ja im allgemeinen für die Wertbemessung der Asphalte ausschlaggebend ist, gibt die nachfolgende Zusammenstellung für die wichtigeren der vorstehend erwähnten Fundorte und Rohasphalte Auskunft.

Art des Asphaltes.	Gehalt an Bitumen in v. H. -Teilen.
Syrischer Asphalt	92—83
Barbados.-Manjak-Asphalt	95
Trinidad-Asphalt	70—80
Gilsonit-Asphalt von Utah	100
'Tschapepot-Asphalt von Kuba	90
Ranchuelo „ „ „	52
Pinar del Rio „ „ „	54
Venezuela „ (Bermundez)	90
Kalifornien (La Patura-Grube)	60
Uvald-Asphalt von Texas	15—20.

Wie schon erwähnt, bestehen die Asphaltsteine nur zu einem geringeren Teile aus Bitumen; es sind vorwiegend mit solchem getränkte Kreide, Kalkstein, Dolomit, Schieferton, Mergelschiefer usf. Je vollkommener das Aufsaugen des Bitumens vor sich gegangen, d. h. je feinkörniger und regelmäßiger das Gestein war, um eine möglichst gleichmäßige und innige Imprägnierung zu gestatten, um so wertvoller und für die

[1]) Hierher gehören auch die nahe gelegenen Fundorte von Pechelbronn und Schwabweiler.

[2]) Nicht unerhebliche Schwefelmengen — etwa 10 v. H. — weisen die Rohasphalte vom Toten Meere und von Trinidad auf.

Baupraxis besser ist auch der Asphaltstein. Im allgemeinen schwankt sein Bitumengehalt, wie nur allzu erklärlich, ebenfalls bedeutend, etwa zwischen 8 und 20 v. H., ist auch in demselben Lager durchaus nicht gleich, sondern, der Natur des Gesteins angepaßt, mehr oder weniger verschieden.

Über Mittelwerte an Bitumengehalt von Asphaltsteinen gibt die nachfolgende Zusammenstellung Auskunft:

Art des Asphaltsteins	Gehalt an Bitumen in v. H. -Teilen.
Val de Travers-Asphaltstein	10
Lobsann „	12
Seyssel „	9
Limmer „	8—14
Vorwohle „	6,5
Seefeld „ (Tirol)	8—16
Spalato „	13
Ragusa „	9
Ungarn (Tataros, Derna) Asphaltstein	15—22
Savoyen „	30—38.

Eigenschaften. Im allgemeinen ist der rohe, feste Asphalt, der sich, wie vorerwähnt wurde, in Europa nicht findet, sondern hier nur durch Asphaltstein oder Bergteer vertreten ist, eine dunkelbraune bis schwarze Masse mit fettglänzendem muscheligen Bruche von eigenartigem Geruche. Asphalt wird durch Reiben elektrisch, ist in Äther, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl u. dgl. vollkommen, in Benzol teilweise löslich. Das Raumgewicht liegt zwischen 1,1 und 1,2, steigt aber bei besonderen Mineralbeimengungen bis 1,6, die Härte ist gering (2). Bei etwa 40° C tritt ein Erweichen, zwischen 100—130° C ein Schmelzen ein. Asphalt verbrennt ohne Rückstand mit rotgelb leuchtender, stark russiger Flamme.

Die Wertbestimmung des Asphaltes richtet sich im allgemeinen nach seiner Verwendung; es liegt auf der Hand, daß dort größere Reinheit verlangt wird, wo der Asphalt zu Lacken u. dgl. verwendet wird, als dort, wo es sich um seine Ausnützung für Isolations-, Dichtungsarbeiten und Zwecke des Straßenbaues handelt; daß es im letzteren Falle auf den Querschnitt des Steines ankommt und namentlich Dichtheit dieses, bzw. feinkörnige Struktur und durchaus gleichmäßige Imprägnierung erwünscht sind, wurde bereits betont.

Die technisch-chemische Analyse des Asphaltes ergründet vorwiegend den Bitumengehalt, die Menge der angeschlossenen anderen Mineralien sowie die Art des Bitumens. Hierbei ist von Wichtigkeit die Bestimmung des Wassers, des Schwefels, der Gehalt an leichten und schweren Ölen, daneben auch die Festlegung des Schmelzpunktes, des Erweichungspunktes und der Härte bei verschieden Temperaturen. Da das Eingehen auf diese vorwiegend chemischen, daneben physikalischen Untersuchungen an dieser Stelle zu weit führen würde, sei auf das schon mehrfach erwähnte Werk von Dr. Julius Swoboda[1]) verwiesen, welcher gerade diese chemisch-physikalischen Fragen sehr eingehend behandelt.

[1]) Vergl. dessen Werk (Hamburg und Leipzig. Leopold Voß. 1904. S. 47—60). Hier ist auch die Untersuchungsmethode der Berliner Mech.-Techn. Versuchsanstalt (vergl. deren Mitteilungen 1900. S. 148) erwähnt. Zugleich finden sich auch Untersuchungsmethoden angegeben, um das natürliche Asphaltbitumen von dem künstlichen Petroleum- oder Steinkohlenteerasphalt zu unterscheiden. Eine einfache Art einer solchen Untersuchung ist die: 1 g Bitumen wird in 2½ ccm Schwefelkohlenstoff gelöst und zu 1 ccm dieser Lösung 2,5 ccm Terpentinöl und 10 ccm absol. Alkohol

Für die Verwendung von Asphaltstein im Straßenbau wird meist ein Kalkgestein von hell- bis dunkelbrauner Färbung und einem Raumgewichte von 2,0—2,2 vorliegen. Die Imprägnierung mit Asphalt muß gleichmäßig sein, weiße Kalkkörner sollen nicht auftreten. Um die Zweckmäßigkeit für Stampfasphalt zu erproben, also die Eigenschaft zu prüfen, die die meisten Asphaltsteine besitzen, daß sie, zu Pulverform zerkleinert und erhitzt, sich wieder durch Stampfen zu einem Gestein zurückführen lassen, wird i. d. R. eine der Verwendung in der Praxis genau angepaßte Prüfung vorgenommen. Zu diesem Zwecke verwandelt man ein Stück des Gesteines in ein ziemlich feines Pulver, indem man es erhitzt und die zerfallenden Stücke weiter zerkleinert. Das hierdurch gewonnene Pulver wird dann, bis es beginnt Dämpfe zu bilden, fortschreitend erhitzt und nunmehr in kleine eiserne Rahmen, die auf fester Unterlage aufruhen, gebracht; in ihnen wird es durch Schlagen mit einem flachbahnigen Hammer auf etwa 20—30 mm Stärke zusammengepreßt und dann der Abkühlung überlassen. Hat die fertige Platte die richtige Beschaffenheit, namentlich ausreichende Wasserundurchlässigkeit und Festigkeit, so kann das Gestein ohne besonderen Zuschlag Verwendung finden; ist die erstarrte Platte zu weich, enthält also der Asphaltstein zuviel Bitumen, so sind magere Gesteinsteile zuzusetzen, ist die Probe hingegen spröde oder wasserdurchlässig, so ist Bitumen, oder besser an solchem fetteres Gestein zuzufügen.

Naturgemäß kann man auch hier wie beim Rohasphalte den Gehalt an Bitumen durch Ausscheiden desselben aus dem Gestein durch Lösungsmittel und aus dem hierdurch bedingten Gewichtsverluste bestimmen. In der Regel findet ein Asphaltgestein für Stampfasphalt Anwendung, welches 10—11 v. H. Bitumen enthält.

Die Würfel-Druckfestigkeit des Asphaltes ist naturgemäß je nach dem betr. Rohmaterial sehr verschieden; so fand Hauenschild hier die Druckfestigkeit von

Asphaltstein vom Val de Travers zu	52	kg/qcm
Limmergußasphalt	65	„
Ungarischem Gußasphalt	108	„

während ein normaler Stampfasphalt etwa 100—120 kg/qcm Druckfestigkeit aufweist. Die Zugfestigkeiten der einzelnen Asphaltarten bewegen sich meist in weniger weiten Grenzen und liegen etwa zwischen 25—30 kg/qcm, wobei aber vorausgesetzt ist, daß die Temperatur so tief liegt, daß keinerlei Erweichen stattfindet.

Bei der Gewinnung des Rohmaterials ist wiederum zwischen rohem Asphalt und Asphaltgestein zu unterscheiden.

Schon bei Besprechung der Fundorte von Rohasphalt wurde darauf hingewiesen, daß seine Gewinnung wegen des offenen Zutagetretens bzw. Schwimmens auf dem Wasser oder Antreibens am Ufergelände vielfach sehr einfach ist und nur in einer Sammel-, Schöpf-, und Grabearbeit besteht. Ist Rohasphalt stark durch Sand oder ähnliche mineralische Beimengungen verunreinigt, so tritt entweder in roher Weise, wie beim Trinidadasphalt erwähnt wurde, eine Vorreinigung durch einfaches längeres Erhitzen ein, oder es wird ein Umschmelzen unter Zuführung von Wasser ausgeführt.

Diesem Zwecke dienen alsdann zunächst offene Kessel, in denen der Rohasphalt, mit Wasser vermengt, aufgekocht wird; hierbei setzen sich Sand u. dgl. Verunreinigungen

---

hinzugemengt; ein sich bildender brauner Niederschlag deutet auf Steinkohlenteerpech, ein schwarzer, fein flockiger auf Petroleumasphalt, ein schwarzer fest zusammenhängender pechartiger auf Naturbitumen hin (mitgeteilt in der Österreich. Chemiker- und Techniker-Zeitung 1900. Nr. 2). Läßt man die Niederschläge trocknen, so ist der erstere hellbraun, pulverförmig, der zweite schwarz, nicht glänzend, erdig, leicht zerreiblich, der dritte (Naturprodukt) schwarz glänzend, klebrig; erwärmt, zieht er Fäden.

zu Boden, während das von ihnen befreite Bitumen in andere Kessel überfließt, um hier nochmals abgedampft und von dem Wasser wieder befreit zu werden. Will man das Bitumen dann noch weiter von den ihm anhaftenden Ölen trennen, so erfolgt eine Destillation — vielfach unter Verwendung überhitzten Wasserdampfes, wobei meist aus dem Rohasphalt 55 v. H. reines Asphalt-Bitumen und 45 v. H. Öle gewonnen werden.

Die Gewinnung des Asphaltsteines erfolgt meist auf bergmännische Art in unterirdischem Betriebe, seltener und nur dort, wo die Verhältnisse besonders günstig liegen, im offenen Tagebau. Die erstere Gewinnungsart vermeidet die Beseitigung unnützen Abraumes und gestattet die Ausbeutung nur derjenigen Schichten, welche wirklich abbaufähig sind, d. h. genügend Bitumen besitzen, während beim Tagebau naturgemäß Abraum und sämtliches Asphaltgestein zu beseitigen sind. In beiden Fällen ist man oft zur Wasserhaltung, also zum Pumpbetriebe gezwungen, wobei der Bergwerks-Stollenbetrieb i. d. R. größere Anforderungen stellt. Als Gewinnungsorte mit unterirdischem Betriebe seien von den bekannten europäischen Fundstellen von Asphaltstein genannt: Das Val de Travers, Seyssel, Lobsann, zum Teil auch Ragusa und Limmer, während sich Tagebau an einigen Stellen der beiden letztgenannten Orte, sowie in Vorwohle findet. Auch die Stärke der Schichten und Gänge, in denen der Asphaltstein ansteht, sind nicht nur in den einzelnen Brüchen, sondern auch in einem jeden von ihnen oft recht verschieden[1]).

Vielfach muß die Lösung der einzelnen Steine mit Sprengarbeit erfolgen, wenn einfache Hackarbeit nicht mehr ausreicht oder zu unwirtschaftlich wird. Abgesehen davon, daß naturgemäß das taube Gestein von dem Bitumen enthaltenden getrennt wird, findet auch gleich im Bruch eine Sortierung des letzteren statt. Hierbei werden die stark bituminösen, braunvioletten und meist sehr weichen Steinblöcke (etwa 10% Bitumen und mehr enthaltend), die beim Anschlagen mit dem Hammer nicht klingen, von den durch hellbraune oder graue Färbung sich unterscheidenden spröden, auch meist hellklingenden, mageren Materialien geschieden. Bei der späteren Bearbeitung des Asphaltgesteins zu Stampfasphalt, auf die der nächste § eingeht, wird dann meist eine Mischung des fetten und des mageren Gesteins in der Art ausgeführt, daß die Gesamtmischung etwa 10 v. H. Rohbitumen aufweist, da gerade diese Grenze sich für die Verwendung im Straßenbau als günstig erwiesen hat, weil sie bei Sonnenbestrahlung ein allzu erhebliches Weichwerden ausschließt und in der Kälte das Auftreten von Rissen vermeidet, dabei aber zu einem undurchlässigen Asphaltkörper führt.

§ 100. Die Verwendung des Asphaltes im Bauwesen, künstlicher Asphalt.

Asphalt ist, wenn auch gegenüber seiner jetzigen, vielseitigen Verwendung in untergeordnetem und geringem Maße bereits im Altertume für Zwecke des Bauens verwendet worden; hier waren es in erster Linie die alten östlichen Kulturvölker, vornehmlich die Babylonier, Assyrer, Ägypter und Griechen, später auch die Römer,

[1]) Nach Mitteilung von Dr. Swoboda beträgt die Schichtstärke im Val de Travers 2—6 m, zu Lobsann 3—25 m, wobei allerdings 0,3—0,8 m starke Letten-, z. T. auch Braunkohlenschichten das Gestein durchsetzen, in Limmer 0,5—1,0 m, in Vorwohle mehr als 20 m.

welche den Asphalt vom Toten Meere als Mörtel und als Dichtungsmaterial verwendeten[1]).

Seine hohe Bedeutung als Baumaterial aber hat Asphalt erst von der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts an erlangt, namentlich durch die Benutzung zu Stampfasphalt. Wenn man die Hauptverwendungsgebiete der baulichen Benutzung kurz zusammenfaßt, so kann man unterscheiden die Verwendung von

a) Asphaltstein zu Stampfasphalt,

b) Rohasphalt und Asphaltstein zu Gußasphalt, Asphaltbeton und ähnlichen Zwecken, sowie zur Imprägnierung von Geweben, Filz, Pappe u. dgl. zum Zwecke der Wasserundurchlässigkeit,

c) Die Benutzung von Asphalt zur Erzeugung von Lacken, Firnissen, Isolationskörpern gegenüber dem elektrischen Strome, Farben usf.

a) Die Herstellung von Stampfasphalt (Asph. comprimé), dessen Eigenschaften und Verwendung.

Die Benutzung von Asphaltstein zur Erzeugung zusammenhängender Straßenflächen aus Asphalt oder einzelner gleichartiger Kunststeine in Plattenform beruht, wie schon in § 99 kurz erwähnt wurde, auf der Eigenschaft des genannten Gesteins nach Pulverisierung und Erhitzung durch Stampfen in den alten Steinzustand wieder zurückgeführt zu werden. Diese ganz besondere Eigenschaft des Asphaltsteines wurde erst im Jahre 1860 durch den französischen Ingenieur Merian zum ersten Male ausgenutzt, indem er auf der von Travers nach Pontarlier führenden Landstraße vorher in Pulverform zerfallenen Asphaltkalkstein aufbringen und festwalzen ließ[2]).

Heute finden für diesen Zweck vorwiegend der Asphaltstein vom Val de Travers, daneben der von Seyssel-Pyrimont, Ragusa, Limmer und aus einigen ungarischen Gruben Anwendung.

Nachdem der rohe Asphaltstein in eine Mischung, die etwa 10 v. H. Bitumen enthält (vgl. S. 711) gebracht ist, findet seine Zerkleinerung statt, und zwar zunächst unter Verwendung von Vorbrechmaschinen. Diese Arbeit ist notwendig, weil das Asphaltgestein ein schlechter Wärmeleiter ist und bei Erhitzung größerer Stücke das Bitumen an der Außenfläche dieser schon zur Verdampfung gelangt, wenn das Innere noch fest ist, man also hierbei niemals das Zerfallen des Gesteins zu einem gleichmäßigen, gleich heißen Pulver erreichen kann[3]).

---

[1]) Die Verwendung von Asphaltbitumen als Mörtel lassen viele Reste uralten Mauerwerkes in Ninive, Memphis, Babylon usw. erkennen. Eine ausführliche Beschreibung des Vorkommens, der Eigenschaften und der Verwendung von Bitumen gibt Plinius secundus im 35. Buche seiner Historia naturalis, auch erwähnt Herodot, sowie die Bibel (Gen. 14. 10) das Material. Genaueres hierüber, namentlich auch eine Übersetzung der Ausführungen von Plinius finden sich in dem mehrfach genannten Werke von Dr. Swoboda, S. 7 u. ff.

Auch sei erwähnt, daß mit Asphalt, bzw. seinen Dämpfen in sehr früher Zeit bereits Holz konserviert wurde, wie ja auch die Erhaltung der altägyptischen Mumien in erster Linie auf einer Behandlung mit Asphalt beruht.

[2]) Zu dieser Ausführung leiteten die Beobachtungen, daß die Wege, Höfe usw. vieler Asphaltgruben durch die unvermeidlichen Streuverluste bei Materialtransport allmählich fest und wasserundurchdringlich wurden.

[3]) Man hat auch versucht, in rotierenden Trommeln oder dgl. das Asphaltgestein zu zerteilen und zu erhitzen, bzw. seine Überführung in das heiße Pulver durch Rührwerke zu beschleunigen und zu verbessern, jedoch hat sich auch hier gezeigt, daß nur bei genauester Überwachung der Arbeit mit einem gleichartigen Enderzeugnisse zu rechnen ist. Deshalb wird die unmittelbare Zerteilung größerer Stücke durch Erhitzung nur noch in seltenen Fällen angewendet und ihr gegenüber dem mechanischen Zerkleinern der Vorzug eingeräumt.

Zum Vorbrechen des aus dem Bruche kommenden Gesteins dienen normale Steinbrechmaschinen bzw. Stampfwerke, zweckmäßig mit einem aus Hartguß gebildeten Boden, der quadratische Öffnungen hat und somit nur Stücke bestimmter Größe nach unten herausfallen läßt, endlich Walzwerke[1]). Sind durch solche Vorarbeitsmaschinen die Asphaltstücke in etwa Faustgröße zerkleinert, so erfolgt ihr Zermalen in ein Pulver von annähernd gleicher Korngröße. Hierzu dienen Schlagkreuzmühlen oder Desintegratoren (vgl. S. 145); namentlich letztere leisten, obwohl ihre Antriebskraft groß ist, recht gute Dienste auch in wirtschaftlicher Hinsicht. An die Mühlen schließt sich vielfach eine Transportschnecke an, welche das pulverisierte Gestein nach Siebtrommeln u. dgl. führt in denen eine mechanische Sichtung nach der Korngröße stattfindet.

Erachtet man im Hinblicke darauf, daß der Stampfasphalt rd. 10—11 v. H. Bitumen enthalten soll, eine Vermischung der Asphaltsteine erst nach ihrer Zerkleinerung für zweckmäßig, so sind hierfür Mischbehälter oder Mischmaschinen vorzusehen.

Die Mischbehälter sind in der Art eingerichtet, daß aus ihnen, vermittelst einer durch verstellbare Schieber in bestimmter Größe freigegebenen Bodenöffnung, die Asphaltpulver verschiedenen Gehaltes in dem gewünschten Massenverhältnisse ausfließen und sich hierbei vermischen, während als Mischmaschinen, die naturgemäß sicherer arbeiten, solche mit Walzenbewegung bevorzugt sind[2]).

Der Zerkleinerung in Pulverform und — falls notwendig — Mischung des Asphaltgesteins folgt seine Erhitzung. Hierdurch wird einerseits das Heraustreiben jeder Spur von Feuchtigkeit bewirkt, andererseits das Bitumen so weit erweicht, daß es eine angenähert plastische Beschaffenheit erhält, die eine Komprimierung, also Zurückwandlung in den Stein gestattet; in diesem Sinne ist bei der Erwärmung streng darauf zu achten, daß die Erhitzung nicht so weit getrieben wird, daß das Material zusammenbackt; es muß durchaus in Pulverform verbleiben. Die dementsprechend benutzten Temperaturen liegen zwischen 105° C als geringstem Werte, um alles Wasser auszutreiben, und 150° C. Letztere Temperatur darf auch deshalb nie überschritten werden, weil sonst der Teil des Bitumens in Dampfform übergeht, der gerade für die spätere Erhärtung des Asphaltsteines von besonderem Werte ist.

Die der Erhitzung dienenden Vorrichtungen können feststehend oder fahrbar sein. Die fahrbaren Apparate kommen, namentlich in größeren Städten, in denen sich Stampfasphaltwerke befinden, heute immer mehr ab, da sie durch Rauchentwickelung und die beim Erhitzen des Asphaltpulvers entstehenden Dämpfe eine nicht unerhebliche Belästigung bilden. Auch kann man das in Fabrikbetrieben in feststehenden Erhitzern erwärmte Asphaltsteinpulver bequem in großen Holzkästen u. dgl. an ihre Verwendungsstelle bringen, da Asphalt als schlechter Wärmeleiter sehr lange seine Temperatur bewahrt und somit unbeschadet längere Wege bzw. ein längeres Stehenlassen in, die Wärme schlecht leitender Umschließung gestattet.

Die feststehenden Erhitzungsöfen sind meist aus Eisenblech zusammengenietete, flache Zylinder, die mit einer Außenfeuerung versehen, an ihrem Mantel und Boden von Heizgasen umstrichen werden und zur dauernden Durcharbeitung und gleichmäßigen

---

[1]) Die hier benutzten Walzen sind aus einzelnen gußstählernen Zahnringen zusammengesetzt, die sich leicht auswechseln lassen. Solche Maschinen werden, wie überhaupt die Maschinen für die Asphaltindustrie, u. a. von der Firma Brinck und Hübner in Mannheim gebaut.

[2]) Als Sondermaschine kommt hier die von R. Mayer in Görlitz in Frage. Vergl. Lindemann, „Die Asphaltindustrie", S. 103. — Diese Maschine gestattet es, auch Rohasphalt und Kalkstein, beide in gepulvertem Zustande innigst zu vermischen und somit eine Kunstasphaltsteinmenge — dem Naturasphaltstein nachgebildet — zu erzielen.

Erwärmung des meist von oben eingeführten Pulvers eine um ihr senkrechte Achse drehbare Rührvorrichtung im Innern aufweisen. Der Betrieb ist ein zeitweiser. Nach ausreichender Erhitzung einer bestimmten Menge von Pulver, die i. d. R. einer Wagenladung entspricht, wird das fertige, erhitzte Material durch Öffnung einer Klappe am Behälterboden abgezogen, um sofort in die Transportkästen u. dgl. zu gelangen, und hierauf neues Pulver von oben aus, meist durch Trichter, in den Erhitzungszylinder eingeführt. Für Abführung der Erhitzungsgase durch ein auf dem Behälter aufgesetztes Rohr ist Sorge zu tragen.

Die fahrbaren Erhitzer bestehen vielfach aus einer, um ihre wagerechte Achse drehbaren Trommel, in die das Pulver von der Seite her eingeschüttet wird. Die Trommel ist mit einem äußeren Heizmantel umgeben, in den von einem, auf dem Fahrgestelle montierten kleinen Schachtofen die Heizgase einströmen. Die Abführung der Asphaltdämpfe erfolgt hier i. d. R. durch die hohle, Löcher aufweisende Achse des Erhitzungszylinders und zwar werden die sich hier sammelnden brennbaren Dämpfe meist unter den Rost der Feuerung geleitet, um deren Wirkung zu erhöhen. Meist ist dafür Sorge getragen, daß — wegen Feuersgefahr — der Ofen seitlich verschoben werden kann, wenn das fertig erhitzte Pulver aus dem Zylinder entnommen werden soll. Es liegt auf der Hand, daß die Anordnung dieser fahrbaren Erhitzer im einzelnen sehr verschiedene Bauarten aufweist, auf die aber an dieser Stelle nicht eingegangen werden kann.

Um eine Straße mit Stampfasphalt zu überdecken ist eine vollkommene Dichtheit des Untergrundes eine grundlegende Bedingung, d. h. auf den ausgehobenen, genau planierten, durch Stampfen oder Walzen gedichteten Erdkörper ist zunächst eine Betonschicht von einer Mischung 1 : 4 : 6 in etwa 10—15 cm Stärke aufzubringen, naturgemäß unter ausreichender Benetzung des Untergrundes und mit genügendem, das Abbinden sicherndem Wasserzusatze. Die Größe der Betonstärke richtet sich nach der Inanspruchnahme der Straße durch Fuhrwerke, wird aber bei dem modernen Schnellverkehr zweckmäßig möglichst groß zu nehmen sein. Nach etwa 8 Tagen, günstige Witterungsverhältnisse vorausgesetzt, wird der Beton soweit abgebunden, erhärtet und trocken sein, daß die Aufbringung des Asphaltpulvers erfolgen kann. Auf vollkommene Trockenheit des Betons ist ganz besonderes Gewicht zu legen, weil sonst das verdampfende Wasser den Asphaltbelag leicht undicht machen, zum mindesten an seiner Unterfläche Höhlungen, denen später Einsenkungen folgen können, erzeugen würde.

Nach genauester Herstellung und guter Erhärtung des Betonbettes, dessen Oberfläche sich bereits der Quer- und Längsneigung der Straßenoberfläche anpaßt, wird endlich der vorbereitete Asphaltstein in Pulverform aufgebracht und gleichmäßig in einer Höhe, die um etwa 30—40 v. H. die spätere Höhe der zusammengepreßten Schicht übertrifft, eingebaut. Nach Planierung mit einem Richtscheit werden zunächst die Anschlüsse an bereits fertiggestellte Teile komprimiert, worauf die neu eingebaute Fläche durch kleine heiße Walzen geebnet und ein wenig zusammengepreßt wird. Hierauf folgt die eigentliche Stampfarbeit durch kreisförmige, nahe den Bordkanten auch häufig rechteckige, eiserne, stark erhitzte Stampfen, von Hand aus betrieben; ihr folgt meist nochmals ein Übergehen mit einer schweren Walze, dann ein Glätten der Oberfläche durch sehr heiße Plätt- oder Glätteisen, die ein Schmelzen des Bitumens oberflächlich und damit eine vollkommene Wasserdichtheit der Asphaltbahn in ihrem obersten Teile bewirken.

Im Laufe der Zeit wird durch das Befahren, wie Versuche ergeben haben, der Asphalt immer dichter, dabei nimmt naturgemäß aber auch seine Schichthöhe ab. Man kann etwa damit rechnen, daß der frische Stampfasphaltbelag, den man gern 5—6 cm

stark macht, anfänglich ein Raumgewicht von 1,8 in Mitte der Fahrbahn, an den nicht so gut zu walzenden Teilen nahe der Bordkante von 1,7 hat und daß sich diese Gewichte nach mehreren Jahren auf 2,3 bzw. 1,8 stellen; hierbei kann man weiter rechnen, daß die Stärkeverringerung in etwa drei Jahren rd. 1 cm beträgt, später naturgemäß geringer ausfällt.

Bei Reparaturen in Stampfasphalt werden die schadhaften Stellen in regelmäßigen, geradlinig begrenzten Figuren herausgeschnitten, die Anschlüsse gut angewärmt und die Ausbesserungen genau wie Neubauten in normaler Weise ausgeführt. Liegen nur einzelne Vertiefungen in der Oberfläche vor, so kann man hier durch glühende Eisen den Asphalt zum Schmelzen bringen und durch hinzugefügtes heißes Asphaltsteinpulver und Feststampfen dieses, die Vertiefungen auf einfachste Art ausgleichen.

Der beliebteste Asphaltstein für Stampfarbeiten im Straßenbau ist der vom Val de Travers, aber auch andere Asphaltsteine lassen sich hierzu gut verwenden, wenn man nur reines Bitumen in geeigneter Weise mit dem mageren Asphaltstein zu einer gleichmäßigen Mischung verbindet oder allzufetten Asphaltstein in gleicher Art mit fein pulverisiertem Kalkstein vermengt; auch können in demselben Sinne Kalksteinpulver, magerer Asphaltstein und Bitumen zu einem recht guten Stampfasphaltpulver vereinigt werden[1]).

Die großen Vorzüge, welche die Stampfasphaltstraßen besitzen und ihre allgemeine Verwendung in den letzten Jahrzehnten bedingt haben, beruhen darauf, daß auf ihnen weder Schlamm noch Staub erzeugt werden, daß das Wasser in kürzester Zeit abfließt, sie demgemäß schnell wieder trocknen, nur geringer Verkehrslärm entsteht, und wegen der Glätte der Oberfläche wenig Reibung zwischen Fahrzeug und Pflasterung vorhanden ist, günstig für die Ausnutzung der Zugkraft der Tiere und die Beschleunigung des Verkehrs. Eine Gefährdung des letzteren durch die Glätte tritt eigentlich nur bei geringer Feuchtigkeit auf, wobei der Asphalt „schlüpfrig" wird, ein Zustand, der aber i. d. R. nur von kurzer Dauer ist und mittelst Oberflächenspülung auch abgekürzt werden kann; bei einer stärkeren Neigung der Straße als 1 : 60 macht sich aber der geringe Reibungswiderstand des Asphaltes unangenehm bemerkbar; hier liegt demgemäß die Grenze seiner Anwendung.

Wegen weiterer Fragen, die straßenbautechnischer Art sind, sei auf die Werke des Straßenbaus, sowie auf die Monographie von C. Schmid, Technische Studienhefte, Heft 5, Asphalt, Teer, Öl im Straßenbau verwiesen[2]).

Wegen der Herstellung von Kunststeinen, namentlich Asphaltplatten aus Stampfasphalt sei auf die Ausführungen auf S. 224—227 verwiesen.

b) Die Verwendung des Asphaltes zu Gußasphalt (Asph. coulé).

Zum Verständnisse der Herstellung und Anwendung von Gußasphalt seien zunächst zwei Begriffe klar gelegt: Goudron und Mastix.

---

[1]) Hierbei ist es günstig, die gepulverten Mineralien zunächst mit Wasser zu einem Brei anzurühren und diesem unter Erwärmen das Bitumen zuzusetzen, vgl. das Werk von Dr. Swoboda, S. 102, ein Verfahren, welches von der Deutsch. Asphalt A.-G. in Hannover mitgeteilt wird. Die erhaltene Rohmasse wird endlich an der Luft getrocknet, dann in Retorten zum Austreiben allen Wassers bis auf 110° C erhitzt und wie normaler Asphaltstein weiter behandelt. Auch kann der gepulverte Kalkstein oder Asphaltstein (DRP. 40020) in einem heizbaren Mischapparate mit heißer Kalkmilch und reinem Bitumen vermengt werden; die in Form von Briketts erkaltete, steinartige Masse wird schließlich in Pulverform gemahlen.

[2]) Erschienen bei Karl Wittwer, Stuttgart 1905.

Goudron (Asphaltteer) entsteht einerseits durch Zusammenschmelzen gereinigten Trinidad-Asphaltes mit Bergteer oder den hierfür verwendbaren Ersatzstoffen aus der Steinkohlenteerindustrie, und kann andererseits durch trockene Destillation des bituminösen Schiefers u. dgl. gewonnen werden, ist also im allgemeinen ein ziemlich reines Asphaltbitumen von größerer Härte, glänzender Beschaffenheit und schwarzer Farbe. Es dient in baulicher Hinsicht vorwiegend als Flußmittel für Asphaltstein, der ohne den Goudronzusatz bei Erhitzung sich nur zu einem Pulver umwandeln, aber nicht flüssig werden würde, und wird zudem benutzt, um spröden Asphalt elastisch zu machen. Goudron besitzt eine bedeutende Binde- und Klebkraft, erweicht schon zwischen 40 und 50° C, ist aber bei 15—20° C noch so elastisch, daß hier keine Risse entstehen, auch bei leichteren Stößen kein Zerbrechen eintritt.

Asphaltmastix wird erhalten, wenn man Asphaltgestein mit Goudron oder reinem Naturbitumen zusammenschmilzt[1]). Dies geschieht in großen halbzylindrischen Kesseln, die mit Rührwerken versehen sind, um alle Teile der Masse mit der von außen her erhitzten Mantelfläche des Mischbehälters in Berührung zu bringen und das Ganze gut durchzuarbeiten. In der Regel richtet sich der Goudron- oder Bitumenzusatz danach, daß in dem fertigen Mastix rd. 20 v. H. Bitumen enthalten sind. Der Schmelzvorgang dauert bei einer Kesselfüllung von rd. 3000 kg Inhalt etwa 5—6 Stunden; hierbei ist darauf zu achten, daß die Temperatur nicht unter 175° C liegt, aber auch nicht die Höhe von 225° C überschreitet. Die erstere Grenze reicht aus, um alle leichten Öle zu beseitigen, die sonst später an der Luft verdampfen und die Oberfläche rissig machen würden, während die Innehaltung der oberen Temperatur ein Entweichen der wertvollen, schweren Bitumenöle verhindert.

Nachdem die Masse gut flüssig ist, wird sie aus dem Mischkessel herausgelassen, um in Holz- oder Eisenformen von runder oder sechseckiger Begrenzung zu Mastixbroten von rd. 25 kg Gewicht zu erstarren. Durch erneuten Zusatz von Goudron kann dieser Mastix in eine körnige, matt grauschwarz gefärbte Masse immer wieder umgeschmolzen werden.

Um mit Hülfe von Mastix Gußasphalt (Asphalt coulé) herzustellen, werden die Mastixbrote in faustgroße Stücke zerschlagen und unter Zufügung von 3—4 v. H. Goudron oder gereinigtem Trinidad-Asphalt — auf 1 Mastixbrot genügt rd. $^3/_4$ kg hiervon — sowie 30—40 v. H. reinen Kiesschotters eingeschmolzen; dies erfolgt in fahrbaren[2]) oder feststehenden Kesseln, und zwar in der Art, daß zunächst nur 50 v. H. des Goudron und $^1/_3$ des Mastix, weiterhin erst die anderen $^2/_3$ eingebracht und geschmolzen werden; der Rest an Goudron wird allmählich hinzugefügt, wenn die Schmelzmasse nicht mehr flüssig genug ist. Die Temperatur muß zwischen 150 und 170° C liegen. Nachdem die Mischung gut durchgeschmolzen, wird die erste Hälfte des reinen, erdfreien Kieses von linsen- bis erbsengroßem Korn auf das Asphaltbad aufgebracht, durch dieses vorgewärmt, (wobei auch die Feuchtigkeit aus dem Kiese ausgetrieben wird) und schließlich mit dem

---

[1]) An Stelle von Asphaltgestein kann man auch andere pulverförmige Mineralkörper verwenden, wie Tonschiefer, Basalt, Quarzsand und dgl. Dies wird namentlich alsdann notwendig, wenn man aus bestimmten Gründen einen säurefesten Mastix erhalten will, da naturgemäß ein, unter Verwendung von Asphaltkalkstein hergestellter von Säuren angegriffen bzw. zerstört werden würde; auch spricht u. U. für die Verwendung besonderer Mineralzusätze die Wirtschaftlichkeit des Betriebes ein gewichtiges Wort, wenn die Heranbringung von bitumenreichen Kalksteinen zu große Transportkosten im Gefolge hat.

[2]) Über Asphaltwagen, in denen der geschmolzene fertige Gußasphalt unmittelbar zur Baustelle gebracht wird, vgl. u. a. das Werk von Dr. Swoboda, S. 116 u. flgd.

Bade innigst verrührt; in gleicher Weise wird dann die zweite Hälfte des Kieses, gegebenen Falles unter Zufügung eines verbliebenen Restes von Goudron, eingeführt; im allgemeinen rechnet man im ganzen auf etwa 300 kg Mastix 1/10 cbm Kies. Der notwendige Grad von Flüssigkeit des auf diese Weise erzielten Gußasphaltes zeigt sich darin, daß sich ein in das flüssige Bad hineingestoßener Holzspachtel leicht aus demselben herausziehen läßt und an ihm keine Masse hängen bleibt. Endlich läßt man den Gußasphalt in Eimer laufen, bzw. schöpft ihn mit solchen aus dem feststehenden Kessel und gießt ihn auf die auch hier notwendige, feste und durchaus trockene Beton-Unterlage (1 : 4 : 6) oder eine Ziegelschicht, in Zement verlegt, auf und zwar in Form aneinander schließender Streifen, die durch Streich- und Reibebretter in der gewünschten Stärke geebnet werden; nach Fertigstellung einiger qm wird fortschreitend immer etwas Streusand aufgestreut, um die Oberfläche härter, widerstandsfähiger und weniger glatt zu bekommen[1]).

In der Regel reicht für Bürgersteigbefestigungen u. dgl. eine endgültige Stärke der Gußasphaltschicht von etwa 2 cm aus, während sich für Höfe, Einfahrten u. dgl. 3 bis 4 cm empfehlen; im letzteren Fall ist es durchaus zweckmäßig, die Aufbringung des Gußasphaltes in 2 Schichten auszuführen, naturgemäß mit gegeneinander versetzten Stoßfugen und nach vollkommener Trocknung der untersten Schicht.

Patentamtlich ist ein Verfahren gesichert (Patentinhaber ist die Firma: Otto Pötzsch in Hilbersdorf-Chemnitz), bituminöse Massen im allgemeinen, im besonderen Gußasphalt durch Hinzufügung eines besonderen Härtemehles, d. i. eines präparierten Knochenmehles härter und widerstandsfähiger zu machen. Dieses Mehl, in den geschmolzenen Gußasphalt eingerührt, saugt später beim Erkalten der Masse das zum Einschmelzen erforderliche, sonst aber überschüssige Bitumen begierig auf und durchdringt sich vollkommen mit ihm. Hierdurch wird die Neigung des Gußasphaltes beseitigt, bei starker Erwärmung weniger oder mehr zu erweichen, und somit der Masse größere Zähigkeit und Härte erteilt; alsdann kann der Gußasphalt auch als ein Ersatz für Stampfasphalt angesehen werden. Die notwendige Menge des Härtemehles beträgt bei weichen, fetten Asphalten auf ein Mastixbrot (von rd. 25 kg Gewicht) nur 1/4 kg, während für magere harte Asphalte schon die Hälfte hiervon ausreicht.

Weitere Anwendungen des Gußasphaltes im Bauwesen beziehen sich auf:

α) Das Ausgießen der Fugen bei Stein- oder Holzpflaster[2]); hierbei wird meist Asphaltstein mit Goudron und Steinkohlenteer (bzw. Petroleumteer) zusammengekocht, um eine möglichst flüssige und elastische Masse, auch nach dem bald eintretenden Erstarren zu erhalten.

β) Die Herstellung von Gußplatten von 15 bis 45 mm Stärke für weniger stark durch Verkehr beanspruchte Stellen; ein gutes Anschmiegen der Platte an ihre feste Unterlage wird vielfach durch eine kurze Erwärmung in Wasser erreicht.

γ) Estrichanlagen über Holzfußböden, und zwar unter Verwendung einer diese abdeckenden Lage guter Dachpappe und einer auf diese aufgebrachten Sandschicht von 2 cm Stärke oder auch auf einer, in Zementmörtel verlegten Ziegelflachschicht.

δ) Die Abdeckung von Gewölben gegen eindringende Feuchtigkeit; handelt es sich hierbei um größere Bauten, so wird der Gußasphalt zweckmäßig in zwei Schichten

[1]) Über die verschiedenen Verfahren, Gußasphalt unter Verwendung von Goudron und feingemahlenem trockenem Kalk- bzw. Sandstein u. dgl. herzustellen, vgl. das mehrfach erwähnte Werk von Dr. Swoboda, S. 111 u. flgd.

[2]) Das Holzpflaster wird hierbei oft in eine kochende Lösung von Asphalt und Karbolsäure getaucht, um gegen die Angriffe der Atmosphäre gesichert zu sein.

verschiedener Zusammensetzung ausgeführt, einer unteren, durch Zusatz von viel Goudron elastischen, und einer oberen, infolge vermehrten Sandzusatzes härteren und besonders widerstandsfähigen. Während die untere Schicht alsdann den elastischen Bewegungen des Gewölbes, ohne zu reißen, zu folgen vermag, verhindert die obere ein Eindringen der Gewölbeüberschüttungsmaterialien in die Abdeckschicht.

ε) Die Isolierung von Mauern gegen aufsteigende oder seitlich eindringende Feuchtigkeit. Die hier verwendeten, hochwichtigen Isolierschichten werden meist aus Gußasphalt gebildet, der sich aus 5 Gew.-T. Mastix, 1—1,5 Gew.-T. Goudron und 2 Gew.-T. Sand zusammensetzt und in 1—2 cm Stärke als wagerechte Fuge oder seitlicher Verputz aufgebracht wird; auch kann man bei starkem Feuchtigkeitsandrange von der Seite her eine dünne, vollkommen in Gußasphalt gemauerte Schutzmauer aufführen und den engen Raum zwischen ihr und der Gebäudemauer mit Asphalt ausgießen.

Hier ist auch die Biehnsche Dichtung[1]) zu erwähnen, bestehend aus einem südamerikanischen, sehr zähen Erdpech, das in zäher Konsistenz in den Bau in mehreren Lagen eingebracht und durch zwischengelegte Dachpappenschichten besonders gesichert wird. Die Dichtung hat sich bei sehr hohem Wasserdrucke und starkem Wasserandrange bestens bewährt; sie ist dauernd hochelastisch, rißfrei und unzerstörbar.

ζ) Das Imprägnieren poröser Steine, um sie zwecks späterer Verwendung als Isolationsmaterial wasserundurchlässig zu machen, — vgl. hierzu auch das Kapitel über Korksteine und deren Behandlung mit einem Asphaltüberzuge.

η) Die Herstellung von Asphaltbeton, gebildet durch Einführung von etwa 50 bis 60 v. H. (Gew.-T.) groben Kieses oder Steinklarschlages in den auf rd. 180—200° C erhitzten Mastix. Der namentlich für Maschinenfundamente sehr elastische, schalldämpfende Beton erlangt bald nach seiner Erhärtung eine Druckfestigkeit von etwa 300 kg/qcm.

ϑ) Die Erzeugung von Asphalt Dachpappe und Asphaltfilzplatten. Während auf die Dachpappe weiterhin in § 102 eingegangen wird, sei hier nur der Asphaltfilzplatten besonders Erwähnung getan, welche aus Wollfilz mit einer vollkommenen Durchtränkung von Asphalt- und Steinkohlenteer bestehen, i. d. R. 5—10 mm stark sind und wegen ihrer großen Zugfestigkeit sich zu Isolationsarbeiten allgemein eignen; sie werden in Rollen und in Plattenform geliefert, vielfach mit Falzen an den Seiten, um ein gutes Übergreifen der oberen Platte über die untere zu sichern. Ihre vollkommene Wasserdichtheit erlangen sie i. d. R. erst durch einen Asphaltteeranstrich nach dem Verlegen, der an den Stößen zweckmäßig doppelt zur Ausführung gebracht wird.

Für die Sicherung von Gebäudemauern gegenüber der Grundfeuchtigkeit werden diese Asphaltfilzplatten in Längen von 5 und mehr m und in Breiten geliefert zwischen 25 cm und 100 cm, welche den normalen Mauerwerkstärken entsprechen. Bei Verwendung dieser „Asphaltisolierplatten" in Rollen ist mit leichtem Transport und bequemer Handhabung der Vorzug verbunden, daß jede Schneide- und Abpaßarbeit auf der Baustelle entfällt und demgemäß die Verlegekosten auf ein Mindestmaß gebracht werden[2]).

Ähnliche hierher gehörende Baustoffe sind: Tectolith[3]) und Pachytect[4]); ersteres besteht aus einem starken, imprägnierten Gewebe, das beiderseits mit einer starken Schicht reinen Asphaltes bedeckt ist und in Normallängen von 10—20 m bei

---

1) Verfahren von H. Biehn in Berlin.

2) Über Asphaltplatten usw. vgl. u. a. die Broschüren der auf diesem Gebiete bestens bekannten Firma: Büsscher u. Hoffmann, Eberswalde u. Halle a. S.

3) Hergestellt von der Kölner Dachpappen-, Asphalt- und Teerprodukten-Fabrik C. T. Beer Söhne.

4) Hergestellt von der Firma Malchow in Leopoldshall bei Staßfurt.

einer Breite von 1 m und 5—8 mm Stärke geliefert wird, während letzteres, dem vorgenannten entsprechend, ein als besonders widerstandsfähig bezeichnetes, in Platten- und Rollenform geliefertes, sehr schmiegsames Abdeckungsmaterial usw. ist.

ι) Das Überziehen von eisernen Rohren, überhaupt eisernen Gebrauchsgegenständen, namentlich der Wasserversorgung und Entwässerung. Hierbei werden die mit dem Anstriche zu versehenden Eisenteile erhitzt und entweder in den dünnflüssigen Mastixbrei getaucht oder mit letzterem gestrichen.

Über die Sybelschen Asphaltbleiplatten vgl. S. 560.

κ) Erzeugung asphaltierter Papierröhren, gebildet aus einer Anzahl von übereinander liegender und durch eine Tränkung in Asphalt miteinander verklebter Papierlagen. Derartige Rohre, die schließlich außen und innen nochmals asphaltiert werden, sind verhältnismäßig billig, sehr fest[1]) und undurchlässig und daher zu Isolierarbeiten, namentlich für die Durchführung elektrischer Leitungen, gut geeignet.

λ) Schließlich gehört hierher auch der Dr. Büttnersche Asphaltin-Straßenbelag, der der Bindung von Staub auf den Straßen usw., ähnlich wie das Teeren dieser, dienen soll. Hierbei wird zunächst die Schotterstraße mit Erdöl getränkt, nach dessen Eindringen eine Walzung mit Riffelwalzen folgt; in die von diesen in die Straßenfläche eingearbeiteten Vertiefungen wird schließlich eine möglichst heiße Lösung von gewöhnlichem Naturasphalt mit rohem Erdöl, Massut u. dgl. aufgebracht, geebnet und nach völligem Erkalten festgewalzt. Der Vorzug dieser Straßenimprägnierung soll neben den Vorzügen der Asphaltstraßen in sehr geringen Bau- und Unterhaltungskosten liegen. Bei Makadam-Straßen werden die ersteren in den ersten drei Jahren zu rd. 1—1,5 Mk./qm angegeben, während für die Unterhaltungskosten maßgebend ist, daß später nur etwa alle 10 Jahre eine Neutränkung notwendig wird.

In gleicher Weise wie Schotterstraßen kann man auch zum Zwecke der Staubbeseitigung Pflaster- und selbst Asphaltstraßen mit heißem Asphaltin mittelst Besen streichen.

c) Die Benutzung des Asphaltes zur Herstellung von Lacken, Farben u. dgl.

Asphaltlacke, die namentlich gut zum Schutze von Metallen gegenüber den atmosphärischen Einflüssen sind, werden aus reinem Naturasphalt, namentlich dem Syrischen, dem von Utah (Gilsonit-Asphalt) und Barbados (Manjak-Asphalt) durch Auflösung in Terpentinöl oder Benzol mit oder ohne Zusatz von einfach oder zweifach gekochtem Leinöl gewonnen. Auch können für weniger gute Lacke Petroleum, Teeröl, Benzin mit Zusatz trocknender Öle als Lösemittel Benutzung finden. Die Herstellung erfolgt entweder auf kaltem Wege unter Verwendung von Schüttelapparaten oder auf warmem unter Schmelzung des Asphalts, Zusatz der Lösungsmittel und Abgießen des oben sich absetzenden Lackes. Für besonders gute Lacke wird auch Kautschuklösung zugesetzt.

Ein ähnlicher Lack kann auch durch Ersetzung des Asphaltes durch Steinkohlenteer, alsdann unter Zusatz von Harz (Kolophonium) gewonnen werden; er wird vielfach als „Pechlack“ zum Anstrich von Öfen und Rohren verwendet; schließlich können Lacke durch Asphalt- und Teerbeimengungen zu den verschiedensten Lösungsstoffen und aus Harzen als Teerasphaltlacke hergestellt werden.

Die meist kräftig glänzenden, sehr beständigen und tiefschwarzen Lacke finden, neben der Benutzung zu Metallschutzanstrichen, Verwendung zur Konservierung von Holz,

---

[1]) Durch Versuche ist erwiesen, daß derartige asphaltierte Papierrohre von 15 cm innerem Durchmesser erst bei einem inneren Druck von 28—30 Atm. zerbersten.

zum Schutze von dem Schlagregen ausgesetzten Wänden, zum Dichten von Behälterinnenwandungen usw.

Wird Asphalt in Alkohol geschüttelt und dann in Öl aufgelöst, so entsteht eine braune Lasurfarbe von warmem Farbton — Asphaltbraun —, die in der Malerei vielfach Benutzung findet.

Künstlicher Asphalt.

Unter künstlichem Asphalt versteht man eine Mischung aus Teer, meist Steinkohlenteer, aber auch Holz- oder Braunkohlenteer, mit feingemahlenen Kalksteinen (bzw. Kreide), scharfem trockenem Sande, u. U. auch etwas Naturasphalt, hin und wieder mit Zusätzen von Eisenoxyd, Wasserglas und ähnlichem; auch aus Steinkohlenteer, Schwefel, Chlorkalk und granulierter Hochofenschlacke hat man künstlichen Asphalt gewonnen.

In den meisten Fällen wird bei der Erzeugung dieses Ersatzstoffes aus dem Steinkohlenteer durch Abdestillieren der leichteren Stoffe eine pechähnliche Masse erzeugt, die dann in erhitztem Zustande mit den vorgenannten Zusätzen vermengt wird. In ähnlicher Weise kann man Mastix durch Teer oder die dickflüssigen Rückstände der Petroleumdestillation und gereinigten Naturasphalt, ferner Gußasphalt, durch geringe Mengen Petroleumteer, Asphalt-Bitumen und reinen Sand ersetzen. Über die Nachbildung von Stampfasphalt auf ähnlichem Wege vgl. die Ausführungen auf Seite 714 und Anm. 2.

Die Verwendung dieser vielfach brauchbaren Ersatzmittel für den Naturasphalt und seine Abarten und Anwendungsformen ist die gleiche wie beim Naturprodukte. Über die Methoden, von ihm die Asphalte mit Teerzusatz zu unterscheiden, vgl. die Ausführungen auf Seite 710 in Anmerkung 1.

In Amerika wird vielfach[1]) ein künstliches Sandasphaltpflaster, selbst in den verkehrsreichsten Straßen der Großstädte verwendet. Zu diesem wird als Rohstoff i. d. R. Bermuda-, Trinidad- oder Kuba-Asphalt verwendet, der zunächst gereinigt und dann mit schwerflüssigem Petroleum in warmem Zustande vermengt wird. Zu dieser Mischung wird Sand und Steinstaub gemischt, und zwar im Verhältnisse 15—20 Asphalt zu 85—90 Sand usw. Um eines gleichmäßigen und guten Materials sicher sein zu können, wird jeder Asphalt vor und während seiner Verwendung durch eine chemische und mechanische Prüfung kontrolliert. Der Unterbau dieser Kunstasphaltstraßen besteht aus einer 10—15 cm starken Betonschicht; auf sie wird als Zwischenlage, also unter dem Asphalt, der sogenannte „Binder" aufgebracht, der dazu dienen soll, die Fahrbahndecke in fester Verbindung mit dem Beton zu bringen und zugleich ein Welligwerden der Asphaltoberfläche bei Temperaturschwankungen und hohem Lastübergange verhüten soll. Dieser Binder besteht aus Kleinschlag von 1—2 cm Größe, der mit einer flüssigen Mischung von Asphalt maschinell vermengt, noch warm auf dem Betonbette aufgebracht, dann ausgebreitet und zu einer Höhe von etwa 3,5 cm festgewalzt wird. Auf den so vor-

[1]) Vgl. die Zeitschr. d. Verb. Deutscher Arch.- u. Ing.-Vereine. 1912. S. 97 u. flgd. Aufsatz von Kayser-Darmstadt. Auch in Deutschland wird ein ähnliches Pflaster von der Asphalt-Straßenbau Ges. m. b. H. Charlottenburg, und zwar auf kaltem Wege, hergestellt. Hier wird das durch ein patentiertes Verfahren aus dem Naturasphalt gewonnene reine Bitumen unter Beimischung von Sand, Feinschlag und bestimmten Härtungszusätzen zur Erzeugung von Asphaltdecken verwendet. Siehe vorgen. Zeitschr. 1912. S. 196.

bereiteten Unterbau wird endlich die Asphalt-Sand-Deckschicht aufgebracht und mit Handstampfen und heißen Walzen gefestigt.

Auch kann man mit Hilfe des „Binders" u. U. Asphaltpflaster unmittelbar auf gepflasterten oder chaussierten Straßen aufbringen.

Endlich verdient im Anschlusse an die Verwendung von Asphalt zur Herstellung der Straßenoberflächen noch die Heranziehung von Teer, Teerölen, Petroleumrückständen u. dgl.[1]) zur Imprägnierung von chaussierten Straßenoberflächen Erwähnung.

Diese Tränkung erfolgt in erster Linie, um die Staubbelästigung zu beseitigen eine Forderung, die namentlich von dem neuzeitlichen Schnellverkehr mit Recht erhoben worden ist. Es sei aus dem Grenzgebiete des Straßenbaues kurz erwähnt, daß die Teerung der Straße zunächst eine nur oberflächliche sein kann, wobei allerdings darauf zu achten ist, daß vor Aufbringung des heißen Teers die Straße vollkommen trocken ist, da in eine feuchte Oberfläche der Teer nicht einzudringen vermag; hierin aber liegt eine große Schwierigkeit für die allgemeine Durchführung einer derartigen, nur oberflächlichen Tränkung. Es kommt hinzu, daß auch die Straße neu gebaut bzw. chaussiert sein muß, da eine verstaubte und abgenutzte Schotterdecke den Teer in nur geringem Maße einsickern läßt und endlich, aus ähnlichem Grunde, die Straße nur mit reinem scharfem Sande eingewalzt sein darf, da jede lehmige Beimengung wiederum das Eindringen des Teeres ausschließt.

Ähnliche Schwierigkeiten liegen auch bei einer Innenteerung, d. h. der Ausführung der Straße mit geteertem Schotter vor, da auch hier jeder Regenguß während der Bauausführung empfindlich stört und das Gelingen der Arbeit in Frage stellen kann, ganz abgesehen davon, daß das Überziehen der Schottersteine mit Teer, Teerpech und ähnlichen Stoffen erhebliche Zeit in Anspruch nimmt, die Bauarbeit also nicht in erwünschtem Maße gefördert werden kann. Die Schädigung der Innenteerung durch Wasser hat dann weiter zum Zusatz einer Harzseife zum Teer geführt, wodurch letzterem die Eigenschaft verliehen wird, sich in Wasser zu feinen, nicht zusammenfließenden Tröpfchen zu lösen, d. h. eine Emulsion zu bilden; da letztere aber durch den Regen fortgespült wird, verringert sich im Laufe der Zeit der Gehalt der Straße an öligen, den Staub zurückhaltenden Bestandteilen, womit dann wieder die vermehrte Bildung von Staub bei trockenem Wetter, von Schlamm bei feuchter Witterung Hand in Hand geht. Erheblich günstiger wirkt für Schotterstraßen das Kiton-Verfahren, bei welchem dem Teer die Emulgierbarkeit durch Zusatz einer geringen Menge fetten Tones verliehen wird, wodurch ein Gemisch entsteht, das vom Wasser während des Einbaues nicht gestört wird, und nach dem Eintrocknen von Wasser unbenetzbar und unangreifbar ist; hierbei macht der Ton den Teer wasserbeständig und wasserfest. „Kiton" wird in Rührwerken durch Zusammenmischen eines besonders vorgerichteten Teers[2]) (60 v. H.) mit Ton (10 v. H.) und Wasser (30 v. H.) erzeugt; es hat die Eigenschaft sich mit Wasser leicht zu einer schwarzen Milch zu vereinigen und aus dieser sich als fein verteiltes Pulver abzusetzen, das aber bei erneuertem Umrühren gleich wieder in Emulsion übergeht[3]). Zum Einwalzen einer Landstraße

---

[1]) Namentlich in Amerika werden die schweren Öle, welche beim Reinigen des Petroleums als Rückstände verbleiben, zur Straßenteerung viel verwendet. In Deutschland sind diese Öle zu teuer.

[2]) Verwendet wird destillierter und hierdurch von seinen leichten Ölen befreiter und pechartig gewordener Gasteer.

[3]) Kiton wird in eisernen Büchsen von 100 kg Gewicht oder in Holzfässern von 200 kg von seiten der Firma Kitonfabrik Dr. F. Raschig in Ludwigshafen a. Rh. in den Handel gebracht.

nach dem Kiton-Verfahren wird Kiton auf der Baustelle mit Wasser angemengt, und die so entstehende Milch beim Einwalzen des Deckmaterials zum Einschlämmen des Bindemittels benutzt; im übrigen bleibt die Herstellung der Schotterdecke die normale.

Auf das dem gleichen Zwecke mit bestem Erfolg dienende Pyknoton-Verfahren, welches Traß und Teer verwendet, wurde schon auf Seite 700—701 eingegangen.

§ 101. Die verschiedenen, im Bauwesen gebräuchlichen Kittarten.

Unter Kitt wird ein flüssiger oder breiartiger Stoff verstanden, welcher zwei Flächen gleichartiger oder verschiedener Materialien, im vorliegenden Falle Baustoffe durch seine Erhärtung in eine feste, meist auch dauernde Verbindung bringt. In dieser Hinsicht steht also der Kitt dem Mörtel nahe; er ist ihm ferner auch darin verwandt, da sehr oft bei seinem Erhärten chemische Einflüsse mitsprechen.

Damit ein Kitt gut wirksam wird, sind die zu verbindenden Flächen zunächst vollkommen zu reinigen, i. d. R. auch zu trocknen, oft auch aufzurauhen. Wird der Kitt warm aufgetragen, so sind die zu vereinigenden Teile auch zu erwärmen. Nach den im Kitt wirksamsten Bestandteilen unterscheidet man: 1. Leimkitte, 2. Kalkkitte, 3. Magnesiakitte, 4. Ölkitte, 5. Harz- und Kautschukkitte, 6. Asphaltkitte, 7. Eisenkitte, 8. Wasserglaskitte, 9. Asbestkitte.

1. Leimkitte. Ihr Hauptbestandteil wird durch tierischen Leim, Gummiarabikum, Stärkekleister u. dgl. gebildet; sie finden bauliche Verwendung zum Ankleben von Tapeten, zum Verbinden von Holzteilen u. dgl., halten sich im Trocknen gut, erweichen aber im Feuchten, wenn man ihnen hiergegen nicht Terpentin oder Leinölfirnis zufügt. Als besondere, allgemeiner verwendete Arten sind zu nennen:

Holzleim, hergestellt aus 1 Gew.-T. Leim, der mit dem etwa vierfachen Gewichte von Wasser zu einer dicken Klebemasse verkocht wird, und den man dann nochmals unter Hinzufügung von 0,55 Gew.-T. Leinölfirnis unter kräftigem Umrühren kocht. Der Kitt ist heiß auf die ebenfalls erwärmten Holzflächen aufzutragen; auch eignet sich dieser Kitt zur Verbindung von Metall- und Glasflächen.

Kitt zum Ausfüllen von Rissen im Holz. Es werden 14 Gew.-T. Wasser mit 1 Gew.-T. Leim zusammengekocht und der halberstarrten Masse eine Mischung aus 1 T. Sägespänen und 1 T. gemahlener Kreide so weit zugefügt, bis der Kitt dickflüssig ist; zum gleichen Zwecke kann man auch Gipsmehl (gebrannt), in Leimwasser angemacht, verwenden, vgl. S. 180.

Tapetenkleister. Hier werden 1 Gew.-T. Stärkemehl in 10 T. Wasser mit 1 v. H. Borax oder Alaun kurz zusammengekocht. Die letzteren beiden Beimischungen verhindern ein Faulen des Kleisters. Durch Zusatz von Terpentin vor dem Einkochen wird der Kleister gegen Feuchtigkeit erheblich widerstandsfähiger.

2. Kalkkitte. Sie bestehen meist aus in Staubform zerfallenem, ungelöschtem oder gelöschtem Kalk (1/4 Gew.-T.), Quark (1 Gew.-T.), Quarzsand, Ziegelmehl oder dgl., u. U. auch noch aus Leim; sie erhärten i. d. R. schnell, haben die Dichte steifen Mörtels und sind bald nach ihrer Bereitung zu erwenden; hierbei sind die zu verbindenden Flächen gut mit Wasser anzunetzen. Der Quarzsand usw. — gewöhnlich im Gewichte gleich dem Kalk — hat den Zweck, dem Kitt mehr Masse zu verleihen. Als wichtigere Abarten sind zu nennen:

Casein- (Käse-) Kitt. Ungelöschter, staubförmiger Kalk wird mit frischem, ausgepreßtem Quark innig zusammengerieben und der Mischung soviel Wasser zugesetzt, daß eine dickbreiige Masse entsteht, die sich besonders gut zum Verkitten von Holzteilen eignet, daneben auch für Steine verwendet wird; einen ähnlichen Kitt kann man auch aus gelöschtem Weißkalk, Quark und Borax, sowie aus frischgebranntem Kalk, Quarzsand und Käsestoff gewinnen; auch entsteht ein vorzüglicher Holzkitt durch Vereinigung von gepulvertem, gebrannten Kalk, Quark und Eiweiß, während für die Verbindung von Holz und Stein oder Steinen untereinander Zementmehl, mit etwa $^1/_4$ seines Gewichtes an Ziegelmehl gemischt und mit saurer Milch zu einem zähen Teige angerührt, einen vorzüglichen, sehr harten, auch unter Wasser beständigen Kitt liefert.

3. Magnesiakitte. Hierüber vgl. die Ausführungen auf S. 202 über den Sorelschen Zement. Ähnlich — namentlich in chemischer Hinsicht — entsteht ein Kitt durch Einrühren von Zinkoxyd in eine gut konzentrierte Lösung von Chlorzink; auch hier beruht das Erstarren des steinhart werdenden Kittes auf der Bildung eines (Zink-)Oxychlorids. Die Masse eignet sich auch gut zum Einkitten von Eisen in Stein.

4. Ölkitte. Diese setzen sich zusammen aus Leinöl oder Leinölfirnis mit geschlämmter Kreide oder an deren Stelle Bleiglätte, Mennige, Zinkweiß, nebst die Masse vergrößernden und zur größeren Endhärte beitragenden Stoffen wie Ziegelmehl, pulverisiertem Glase, feinem Quarzsande usw. Die Kitte sind wasserdicht und zu sehr verschiedenartiger Verwendung geeignet; ihre Erhärtung beruht meist auf der Bildung von settsauren Verbindungen. Hervorhebenswert ist:

Glaserkitt. Er besteht aus gekochtem Leinöl und Schlämmkreide; zum schnellen Erhärten setzt man gern etwas Bleiglätte oder Mennige zu. Durch Verwendung ungekochten Leinöls wird die Erhärtung zwar zunächst verlangsamt, später aber sehr vergrößert. Soll der Kitt später einmal beseitigt werden, so läßt sich dies durch wiederholtes Bestreichen mit Kalilauge beschleunigen.

Steinkitt. Bleiglätte und Quarzsand — oder Ziegelmehl — werden zu gleichen Teilen vermengt und mit heißem Leinölfirnis zu einem Brei vereinigt, der warm verwendet wird. Dem gleichen Zwecke dient eine Mischung aus fein gestoßenem Glase, Ziegelmehl, Eisenfeilspänen und Leinöl.

Gasrohrkitt. Entweder wird Mennige mit Leinölfirnis zu einem dünnen Brei angemengt oder der Kitt aus Bleiglätte, gelöschtem Kalke, feinem Sande und heißem Leinölfirnis zusammengesetzt.

Dampfleitungskitt. Dieser Kitt besteht aus der Vermischung von 1 T. Mennige, 2 T. Bleiweiß, 1 T. Teer in gekochtem Leinöl.

Holzkitt. Pulverförmiges Kalkhydrat wird mit Roggenmehl und Leinölfirnis vereinigt, oder letzterer für sich allein mit Sägespänen vermischt. Entsprechend den in Frage stehenden Holzarten sind Farbzusätze üblich.

Kreyescher Ölzementkitt. Er besteht aus Chamottemehl (5 kg), gemahlener Bleiglätte (0,45 kg) und 1 l heißem Leinöl, u. U. auch Farbzusatz (Bolus, Mennige, Terra di Siena usf.); er findet auf vorher mit heißem Leinöl gestrichenen, festen Unterlagen zur Erzeugung von künstlichen, steinartigen, sehr widerstandsfähigen Belägen von nur wenigen mm Stärke Anwendung. Da die Masse sehr schnell erhärtet, darf ihre Zusammenmengung erst kurz vor der Verwendung geschehen.

Hierher gehören auch Glyzerinkitte, hergestellt aus Bleiglätte und verdünntem Glyzerin, die gegen Laugen und Säuren gleich unempfindlich sind.

5. Harz- und Kautschukkitte. Sie setzen sich vorwiegend aus Kolophonium oder Schellack, Mastix, Pech und ähnlichen Stoffen zusammen, die leicht durch Erstarren

aus dem warmen und weichen Zustande erhärten und deshalb zunächst bis zum Schmelzen erhitzt werden müssen; entsprechend sind auch die zu verkittenden Teile zu erwärmen. Größere Masse verleiht man diesen Kitten neben vergrößerter Härte durch Zusätze von feinem Sand, Ziegelmehl, Kalksteinpulver u. dgl. Durch Hinzufügung von Wachs, Terpentin, auch reinem Bitumen verlieren die Harze ihre Sprödigkeit. Harzkitte sind widerstandsfähig gegen Wasser, auch gegen Säure, aber naturgemäß nicht bei höheren Temperaturen beständig; sie finden Anwendung im Baufach vorwiegend zum Kitten von Steinen, auch zum Dichten von Mauerwerk, seltener zur Verbindung von Stein mit Holz und Eisen. Als bemerkenswert seien genannt:

Steinkitt. Zu seiner Bildung dienen Kolophonium mit Wachs und Gipspulver, oder Marmorstaub mit Schellacklösung (zum Kitten und Verkleben der Ritzen in Kalksteinen, Marmor usw.) oder Schellack mit Bimssteinpulver, oder Kolophonium bzw. Pech, Wachs, Terpentin mit Ziegelmehl usf.

Holzkitt. Kautschuk und Schellack werden im gleichen Gewichte in Schwefelkohlenstoff (oder Steinöl) gelöst, erwärmt und gut vermengt (Marineleim, wassersicher, bei Gebrauch auf 140° C zu erwärmen). Zum Ausfüllen von Astlöchern, Fugen und Rissen im Holzwerk, namentlich Fensterrahmen, dient ein Kitt aus gleichen Gewichtsteilen von Kolophonium mit Terpentin und dem doppelten Gewichte feingeschlämmten Ockers. Der steinhart werdende Kitt ist warm zu verwenden; endlich sei noch ein unter Wasser verwendbarer Kitt erwähnt, der durch Lösung von Kautschuk in Steinöl und Vermischung mit Schellack und ein Zusammenkochen dieser drei Bestandteile gebildet wird.

Kitt für eiserne Rohre. Dieser kann z. B. bestehen aus gleichen Gewichtsteilen Harz und getrockneter Schlämmkreide, die mit Zusatz von etwas Wachs zusammengeschmolzen werden.

Hierher ist auch der Rubberzement von Hetzel, ein amerikanischer, in Deutschland eingeführter, wetterbeständiger, niemals ganz erhärtender, also dauernd elastisch bleibender Kitt zu zählen. Er findet Anwendung zum Dichten und Kitten von Holz, Stein, Metall, Glas, namentlich zum Abdichten von Gasrohrgelenken, als Glaserkitt, zum Verkleben der einzelnen Dachschieferplatten untereinander[1]), für Zink- oder Bleidachdichtungen, Rinnen usw. Auch zur dauerhaften Wiederherstellung letzterer kann (an Stelle von Lötungen) der Kitt benutzt werden.

6. Asphaltkitte. Der i. d. R. aus Mastix und Bitumen sowie Steinkohlen- bzw. Petroleumteer zusammengesetzte Kitt dient neben dem Ausgießen von Fugen im Pflaster und im Bürgersteige, vorwiegend zum Dichten von Rohrleitungen, da er gegen Wasser und Säuren vollkommen widerstandsfähig ist und ein leichtes Ausschmelzen bei einer späteren Auseinandernahme der Leitung wegen seines tiefliegenden Schmelzpunktes gestattet; auch kommt hierbei als besonders günstig in Frage, daß der Kitt in geschmolzenem Zustande sehr flüssig ist und mithin alle Teile des Hohlraumes gut ausfüllt und somit die Kittstelle sehr dicht schließt. Dabei bleibt er aber nach seiner Erhärtung noch ziemlich elastisch, gestattet also auch elastische usw. Bewegungen der verbundenen Teile; dies ist gerade für im Erdreich ruhende Leitungen von besonderer Bedeutung.

Ein Stein-Asphaltkitt wird durch Pulverisieren von Mastix und Bleiweiß und Zusammenschmelzen dieser Mischung mit Wachs gewonnen.

[1]) Dies ist in Amerika üblich, damit wenn die Nagelung versagen sollte, immer noch der Zementkitt die Dachplatten festhält. Die Generalvertretung liegt in der Hand von C. Schilling Mannheim.

Zu den Asphaltkitten gehören auch die Meißnerschen bestens bewährten Dichtungs-Mörtel[1]) zur Abdeckung und Ausbesserung von Mauerwerk, Zementbeton, als Kitt für den Eisenbau, für Tonrohre usf.

7. Eisenkitte. Die hierher gehörenden Kitte dienen einerseits zum Dichten von Eisen mit Eisen, Verschmieren der Fugen von eisernen Öfen, Dichten von Rohren, Behältern (1) als auch zum Verkitten von Stein und Eisen (2). Hier sind zu nennen für das erstere Verwendungsgebiet:

Rohrkitt für Wasserleitungs-, Dampfrohre usw. Vielfach findet Verwendung eine Mischung aus rostfreien Eisenfeilspänen, Salmiak und Schwefelblume, die vor dem Gebrauche mit Essig und Wasser zu einem steifen Brei angerührt werden, der in die Fugen eingepreßt wird; für Kitt, der der Glühhitze ausgesetzt ist, verwendet man Eisenfeilspäne, Töpferton, Porzellankapselscherben fein gemahlen (oder feuerfesten Ton), in eine gesättigte Kochsalzlösung eingebracht. Sind die Rohre der Wärme und Nässe, jedoch nicht unmittelbar dem Feuer ausgesetzt, so empfiehlt sich ein Kitt aus: 2 T. Mennige, 5 T. Bleiweiß und 4 T. trockenem feinem Ton, die miteinander innig vermengt und mit Leinölfirnis zu einem steifen Brei verarbeitet werden. Für stärker zu heizende eiserne Öfen benutzt man für den Kitt zum Verstreichen der Fugen eine Mischung aus Lehm, Sand, Eisenfeilspänen, Salz bzw. aus feingesiebter Holzasche, fein zerstoßenem Lehm, etwas Salz und Wasser.

Hierher gehört auch u. a. der Metallzement von Bassermann in Mannheim, ein nach Erwärmung ganz flüssiger Kitt, der in wenigen Minuten zu einer sehr harten bis 1000 kg/qcm Druckfestigkeit aufweisenden, nicht schwindenden, gegen Säure, Wasser, Öl usw. durchaus widerstandsfähigen Masse erhärtet, sowie das Spencemetall, ein Gemisch von Schwefeleisen, Schwefelzink und Schwefel, das bei 160° C flüssig ist und sich gut zum Vergießen von Rohren u. dgl. eignet.

Für den zweiten Zweck, der Befestigung von Eisen in Stein finden sich zwar mancherlei Vorschriften für die Herstellung von Kitten angegeben; auf diese soll aber deshalb nicht besonders eingegangen werden, weil sie sich vielfach nicht bewährt, namentlich nicht volumbeständig erzeigt haben (vorwiegend bei Gegenwart von Schwefel), und stets besser durch Zementmörtel ersetzt werden, der das beste und dauerhafteste Material zum Befestigen von Eisen im Stein darstellt.

8. Wasserglaskitte. Dieselben finden baulich namentlich zum Verkitten von Steinen, Ausfüllen etwaiger Sprünge usw. Verwendung, und zwar meist in der Art, daß Wasserglas (Natron oder Kalisilikat) mit Zement oder Zinkstaub, auch Kreide zu einem schnell erstarrenden Brei vermischt wird.

9. Asbestkitte. Hier wäre als den Kitten nahestehend, wenn auch mehr zu den Mörteln gehörend, der als besonders wetter- und feuersicher erprobte und demgemäß als sehr guter Schutz von Eisenkonstruktionen aller Art bewährte Kühleweinsche Asbestzement zu nennen (hergestellt von den Asbest-Zement-Werken Hamburg); schon eine Schichtstärke von 1,5 cm Dicke reicht aus, um selbst einem großen Schadenfeuer erfolgreich Widerstand zu leisten. Das zementähnliche Pulver ist mit Wasser zu einem dichten Brei zu verrühren und ohne Sand zu verarbeiten.

Ein eigentlicher Asbestkitt entsteht durch Zusammenmengung von Asbestfasern, gemahlener Mennige und Anmachen mit wenig Leinöl zu einem sehr dicken Teige, der ein sehr langes und gutes Durcharbeiten erfordert.

[1]) Hergestellt von der Pommerschen Asphalt- und Steinpappenfabrik von W. Meißner, Stargard.

Literatur-Nachweisung

zu Kapitel XXX.

1. R. Krüger, Handbuch der Baustofflehre. 2. Band. A. Hartlebens Verlag. 1899. § 237 Asphalt, § 258 Kitte.
2. Handbuch der Architektur. Verlag Alfred Kröner. Stuttgart. Erster Band. 1. Heft. Asphalt S. 301 u. ff.
3. E. Gerhardt, Baustoffkunde. Verlag Otto Spamer. Leipzig. 1912. Abschnitt II. Asphaltarbeiten. S. 83—86.
4. J. T. Zetter, Der Asphalt und seine Verwendung in der Bautechnik. Zürich. Druck von Orell-Füßli & Cie. 1880.
5. F. Lindenberg, Die Asphaltindustustrie. Hartelebens Verlag.
6. Dr. Swoboda, Der Asphalt und seine Verwendung. Verlag von L. Voß. Hamburg-Leipzig. 1904.
7. C. Schmid, Technische Studienhefte. Heft 5. Asphalt, Teer, Öl im Straßenbau. Verlag K. Wittwer. Stuttgart.
8. Dr. H. Köhler, Die Chemie und Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte. Braunschweig. Verlag Fr. Vieweg & Sohn. 1904.
9. E. Feltone, Isoliermaterialien und Wärme- (Kälte-) Schutzmassen. Hartlebens Verlag. 1903.
10. A. Forstner, Die künstliche Kühlung. Isolation gegen Feuchtigkeit und für Elektrizität. A. Hartlebens Verlag. 1903.
11. E. Dietrich, Die Baumaterialien der Asphaltstraßen. Berlin. Verlag J. Bohne. 1881.
12. F. Woas, Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. Berlin. 1880.
13. Pinkenburg, Das Asphaltgewerbe in Deutschland. D. B. 1887. S. 554, 570.
14. H. Hauenschild, Der Asphalt und seine Wertbestimmung. Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung.
15. Asphalt- und Teerindustrie-Zeitung Berlin. Erscheint seit 1901.
16. Prüfung von künstlichem Asphalt. D. B. 1897. S. 451.
17. R. Zinck, Informationen über Asphalt. Herausgegeben vom Hamburger Asphaltwerk. 1896. Hamburg.
18. Staubfreie Straßen (Kiton-Verfahren). Broschüre von Dr. F. Raschig. Ludwigshafen a. Rh.

III. Abschnitt.

Nebenbaustoffe
namentlich solche für Dachdeckung und inneren Ausbau.

Kapitel XXXI.

Dachpappe, Holzzement, Ruberoid, Linoleum, Rohr und verwandte Stoffe.

§ 102. Dachpappe und verwandte Erzeugnisse.

Die meist verwendete Dachpappe besteht aus einer guten Rohpappe, die mit Steinkohlenteer bzw. zu diesem noch besonders gefügten Zusätzen vollkommen getränkt ist. Die Rohpappen sind um so besser, je mehr sie Wollfasern und je weniger sie pflanzliche Bestandteile enthalten; sie werden demgemäß zweckmäßig für die spätere Verwendung zu Dachpappe aus wollenen Lumpen, Papierabfällen usw. gewonnen, die zerrissen und alsdann in Holländern und Papiermaschienen verarbeitet werden; naturgemäß müssen die Pappen wegen ihrer späteren Imprägnierung ungeleimt sein. Beim Durchbrechen sollen die Rohpappen ein langfaseriges, stark verfilztes Gefüge aufweisen, also keinen glatten Bruch zeigen und zudem große Aufsaugfähigkeit und Geschmeidigkeit[1]) besitzen. Die Breite beträgt meist 90—100 cm, die Länge bis zu 300 m; durch eingestanzte Löcher bzw. Schlitze ist für eine bequeme Trennung in Stücke von je 10 bis 15 m Länge — entsprechend einer „Rolle Dachpappe“ — von vornherein Sorge getragen.

In neuerer Zeit findet auch langfaserige Zellulose zur Herstellung von Pappen, die später imprägniert werden sollen, Verwendung.

Der durch die trockene Destillation der Steinkohle gewonnene Teer besteht aus einer Anzahl leicht und schwer flüchtiger Verbindungen. Durch Abdestillation der ersteren entsteht das harte Steinkohlenpech, aus dem durch Zusatz einer entsprechenden Menge von Schwerölen der Steinkohlenteerasphalt gewonnen wird.

---

[1]) Die Aufsaugfähigkeit wird dadurch ermittelt, daß man die Gewichtszunahme der zunächst vollkommen trockenen Pappe nach Einlegen in Wasser bestimmt, während die Geschmeidigkeit durch scharfes Umbiegen geprüft wird. Bei letzterer Probe dürfen keinerlei Risse entstehen, die einzelnen Fasern müssen vielmehr die Biegung gut aushalten können. Oft wird auch Pappe durch Mineralkörper „beschwert“. Dies erkennt man durch eine Untersuchung unter dem Mikroskop bzw. durch eine Verbrennungsprobe, bei der alle mineralische Bestandteile als Asche zurückbleiben.

Der zur Dachpappenfabrikation verwendete Teer ist zunächst von jeglichem Wassergehalt zu befreien, d. h. zu „raffinieren". Dies geschieht durch Erhitzen in offenen Kesseln, wobei man allerdings wegen der schwierigen Kontrolle der Temperatur des Teerbades nicht sicher sein kann, ob auch wertvolle Stoffe mit dem Wasserdampfe entweichen (namentlich Benzol und Toluol), oder unter Benutzung besonderer, durch innenliegende Rohre mit überhitztem Dampfe geheizter Destillierapparate, welche die Abscheidung, dann aber auch eine Sammlung leicht flüchtiger Bestandteile gestatten; hier kommen namentlich die flüchtigen Öle und Ammoniakwasser in Frage. Der destillierte Steinkohlenteer wird in zähflüssigem Zustande zur Imprägnierung, und zwar mit oder ohne Zusatz von Mineralölen verwendet; gerade durch letztere erlangt die Dachpappe besondere Geschmeidigkeit und Beständigkeit. Mit nicht destilliertem Steinkohlenteer getränkte Pappe nimmt schnell große Härte, aber auch Sprödigkeit an und verbleibt ziemlich porös („Steinpappe"); sie bricht daher leicht beim Umbiegen und Begehen und ist nur von kurzer Dauer. Früher wurde vielfach dem destillierten Teer Asphaltbitumen, namentlich gereinigter Trinidad-Asphalt, zugesetzt, um die Pappe möglichst geschmeidig zu machen — Asphalt-Dachpappe; jedoch unterbleibt, der nicht unerheblichen Mehrkosten wegen, dieser Zusatz heute meist.

Die Durchtränkung der Pappe mit Teer erfolgt meist mit Hilfe eiserner, länglicher, kastenförmiger Behälter, in denen sich der heiße flüssige Teer befindet; an dem einen Querende dieser Tröge ist zur Aufnahme der Rohpappe eine drehbare Rolle, von der sie sich abwickelt, angebracht, während am anderen Ende ein Ausdreh-Walzenpaar, dessen Abstand je nach der Dicke und der gewünschten Zusammenpressung der imprägnierten Pappe einstellbar ist, den Wiederaustritt der Pappe aus dem Behälter sichert. In letzterem wird die Pappe durch Eindreh-, Führungswalzen u. dgl. in der Art geleitet, daß sie genügend mit Teer durchtränkt wird; diesem Zweck dient in besonders guter Weise ein Durchführen der Pappe durch den Trog in Form von Schlangenlinien, wenn auch nicht zu verkennen ist, daß hier ein etwa eintretendes Abreißen der Pappe im Bade zu unangenehmen Betriebsstörungen führen kann. Neben den länglichen Trögen kommen neuzeitlich zum Zwecke der Durchtränkung der Pappe auch halbzylindrische Gefäße in Anwendung, in deren Mittelachse sich eine drehbare Welle mit einer Anzahl (3—6) sternförmig angeordneter Eindrehwalzen befindet, die nacheinander mit Rohpappe beschickt werden; von ihnen aus wird die Pappe durch das ganze Gefäß und seinen Teerinhalt allmählich hindurchgezogen.

Die vorgenannten Ausdrehwalzen haben neben dem schließlichen Einpressen des Teeres in die Pappe und deren Zusammenpressung und Dichtung auch den Zweck, den überflüssigen Teer abzustreifen und ihn dem Behälter wieder zuzuführen. Zum Schlusse der Herstellung folgt das Besanden der Dachpappe. Dies hat den Zweck, einerseits ein Aneinanderkleben der Flächen beim Aufrollen nach der Tränkung zu verhindern, andererseits die Oberfläche der Dachpappe gegen mechanische Eindrücke widerstandsfähiger zu machen, ein Abfließen des Teeres bei Sonnenbestrahlung zu verhindern und endlich die Entflammbarkeit zu verringern[1]). Das Aufbringen des Sandes muß unmittelbar nach der Tränkung vorgenommen werden, weil nur alsdann der Sand gut und dauerhaft im Teer festklebt.

[1]) Daß durch Besandung der Pappe die Gefahr einer Entzündung, z. B. durch Flugfeuer, sehr stark verringert ist, haben vielfache Beispiele aus der Praxis erwiesen; hiervon kann man sich auch durch den Versuch überzeugen, indem man eine glühende Kohle auf eine gut besandete Dachpappe legt; hier findet nur ein langsames Verkohlen der Stelle statt, während bei unbesandeter Pappe i. d. R. ein Loch in diese hineinbrennt, manchmal auch das Feuer weitergreift.

Zur Besandung verwendet man reinen Quarzsand, der in meist trommelförmigen Apparaten gut getrocknet, nach Durchsiebung in besondere Behälter geleitet wird; von ihnen aus fällt der Sand auf die Pappe, die meist so geführt wird, daß beide Seiten zugleich besandet werden; man hat aber auch Vorrichtungen, bei denen die Pappe mit ihrer Unterseite über einen mit Sand bedeckten Tisch gezogen wird, während von oben aus Sand auf die Oberseite fällt.

Nach der Besandung wird die Pappe in Rollen von meist 15 m Länge aufgewickelt, die entweder unmittelbar in kühle, trockene Räume zur Lagerung gebracht oder in diesen wieder abgewickelt werden; die alsdann flach übereinander liegenden Pappen bewirken, daß der Sand sich allmählich noch fester in die Teerschicht einpreßt.

Über die Verlegung der Pappe, den Anstrich des Pappdaches und seine Unterhaltung sind die Lehrbücher über Baukonstruktionslehre zu vergleichen; es sei nur erwähnt, daß sowohl der erste Anstrich, wie auch die späteren, zweckmäßig mit einem, dem bei der Herstellung der Pappe benutzten entsprechenden, destillierten Material und einem besonderen Zusatze von Mineralöl, Asphalt oder dgl. erfolgen sollen; hierzu nur Steinkohlenteer zu verwenden, empfiehlt sich nicht, weil hierbei die Pappe spröde, rissig und durchlässig wird; auch ist auf jeden frischen Anstrich scharfkantiger Sand gröberen oder feineren Kornes zu streuen. In der Regel ist der zweite Anstrich nach 2 Jahren notwendig (wenn die Pappe sichtbar wird), während weitere Anstriche meist nur in 4—5 Jahren erforderlich und auch nur in diesen Pausen zweckmäßig sind, da eine allzu starke Kruste von Teer und Sand auf der Pappe das Reißen dieser bei Wärmeschwankungen befördert, ein zu oft wiederholter Anstrich also schädlich ist.

Als besondere Anstrichmittel für Teerpappdächer, namentlich auch zu Unterhaltungs- und Reparaturarbeiten, sind zu nennen Wachs-Teer[1]), eine kalt aufzutragende, fäulnisverhütende, sehr zähe, wachsähnliche, wetter- und besonders hitzebeständige Masse, die durch das in ihm enthaltene antiseptische Öl die Dachpappe lange geschmeidig erhält, den Angriff durch die Atmosphärilien verhindert und durch ihren Gehalt an unverbrennlichen Alkalien und Mineralien eine besonders schwere Entflammbarkeit sichert.

Elastique-Bray[2]), ebenfalls ein kalt aufzutragender, nicht spröde, rissig oder weich werdender, sehr wetterfester Anstrich mit hohem Fettgehalt u. a. m.

Als Kennzeichen einer guten Dachpappe sind anzusehen: Ein filzartiges Gefüge, eine grosse Biegsamkeit, dadurch nachzuweisen, daß trotz mehrfachen Hin- und Herbiegens kein Bruch eintritt, eine vom Teer vollkommen durchtränkte, schwarze, fettglänzende Querschnittsfläche, ein durchaus gleichmäßiges Aussehen, namentlich kein Durchscheinen der Rohpappe, endlich keinerlei Gewichtszunahme selbst nach 24stündigem Liegen im Wasser. Hiernach richten sich auch die für die Abnahme einer Dachpappenlieferung maßgebenden Gesichtspunkte.

Als besondere Arten von Dachpappe oder verwandte, dem gleichen Zwecke wie sie dienende Baustoffe kommen in Frage einerseits solche, die ein reinfilziges Gewebe aufweisen, andererseits eine Durchtränkung mit besonderen Stoffen erkennen lassen. Hier sind kurz zu nennen: Filzpappen[3]), Barackenpappe, namentlich

---

[1]) Wachsteer wird von Zimmereimer & Co. in Berlin-SO. hergestellt. Die Masse wird auch zu allen Isolierungen gegen Feuchtigkeit, zum Anstrich von Holz, namentlich zur Sicherung gegen Schwamm, zum Ausfugen von Pflaster usw. verwendet.

[2]) Hergestellt von der Dessauer Dachpappen-, Asphalt- usw. Fabrik von J. Röpert.

[3]) Filzpappe, oft auf der Innenseite mit einem Juteüberzug versehen, erhält 3—4 mm Stärke; sie besteht vorwiegend aus Wollfilz- und Steinkohlenteer.

die von Strohmeyer-Konstanz, von den Döcker-Baracken in Niesky, von Rabitz und Eltze[1]), Sturmpappen[2]), Asphaltleinenpappen[3]), Durescopappe[4]), Asphaltin[5]) usw.[6]).

Schließlich ist hier erwähnenswert das „Dachpix"-Pappdach der „Dachpix"-Gesellschaft (Oberschönweide-Berlin), hergestellt aus einer, mit diesem Material getränkten und nach der Eindeckung gestrichenen Pappe; das hier benutzte Dachpix besteht aus fein gemahlenem Magnesiasilikat, Metalloxyden und Teerölen, die zu einem bitumenartigen Zement vereinigt sind, der sich gut streichen läßt, durchaus wettersicher, unverbrennlich und hitzebeständig ist. —

Die Dachpixpappen werden in fünf verschiedenen Stärken und in Rollen von 10 m Länge und 1 m Breite geliefert; sie sind nur etwa halb so schwer als Teerpappe mit Sand. Dachpix selbst wird neben der Unterhaltung von Pappdächern auch zur Sicherung von Metalldeckungen und -dächern, und zwar unter Umständen in verschiedenen Farben geliefert; die Normalfarbe ist ein schönes, tiefes und glänzendes Schwarz.

Auch gehören in gewissem Sinne hierher die als Isolationstoffe bestens bewährten Kosmos-Falztafeln (Abb. 48—50). Die schwalbenschwanzförmig gepreßten,

Abb. 48.

Abb. 49.

Abb. 50.

Kosmos-Falztafeln.

hervorragend guten Rohpapptafeln sind durch Tränkung mit Asphalt wasserdicht gemacht und gegen Fäulnis bestens geschützt. Durch die beiderseitigen trapezförmigen Hohlfalze werden die Tafeln bei verhältnismäßig geringem Gewichte sehr stabil; auch kann durch diese Form des Hohlraumes ein Verputz in umwandelbarer Art an den Falztafeln angebracht werden, der somit sowohl an Wänden wie Decken sehr fest haftet. Der Hauptwert der Isolationsplatten liegt aber in den auf der andern Seite verbleibenden schwalbenschwanzförmigen Hohlräumen, die wegen der hier befindlichen ruhenden Luftschicht einen guten Schutz gegen Wärme, Kälte und Schall bedingen, also, ganz abgesehen von der durch ihren Baustoff schon gesicherten Wasserdichtigkeit, sich als ein vorzügliches Isolationsmaterial zu erkennen geben. Dabei sind sie auch wegen des kleinen Raumes,

---

[1]) Baracken-Dachpappen enthalten vielfach Leinwandbekleidung einseitig oder doppelt, sind auch (Rabitz-Eltze) aus mehreren Lagen zusammengesetzt, die durch eine feuersichere Asbestfasermasse verklebt werden.

[2]) Sturmpappe, hergestellt v. Benrath & Franck in Düren, besteht aus starkem Jutegewebe mit dichtem Manilapapier und zeichnet sich durch große Leichtigkeit aus. Das Material hat sich bei den Untersuchungen des Berliner Materialprüfungsamtes bestens bewährt und in bezug auf Festigkeit der besten normalen Dachpappe als bedeutend überlegen gezeigt.

[3]) Hier ist zwischen zwei Asphaltpapierlagen ein Jutegewebe geklebt; zur Eindeckung werden mehrere Lagen übereinander verwendet.

[4]) Hergestellt von J. Steindler & Co. in Altona. Durescopappe ist ein sand- und steinfreies, glattes, biegsames Material von besonders geringem Gewichte und großer Widerstandsfähigkeit gegen Kälte, Hitze, Wasser und Feuer.

[5]) Das Asphaltindach (C. F. Weber, A.-G., Leipzig-Plagwitz) besteht aus 2 bzw. 3 Lagen einer besonders hergestellten und abgedeckten Asphaltpappe, welche durch heiß aufgetragenen Klebeasphalt miteinander verbunden werden. Die Oberlage enthält eine Schicht Asphaltkitt, in welche, so lange sie noch zähklebrig ist, eine Schicht erbsengroßes Kieses eingewalzt wird. Das Asphaltindach kann sowohl auf Holzschalung als auch auf Betonunterlage ausgeführt werden. Ein Neuanstrich ist innerhalb von 10 Jahren erfahrungsgemäß nicht notwendig.

[6]) Auf die Asphaltbleiplatten von Siebel in Düsseldorf ist schon auf S. 560 eingegangen.

den sie bei ihrer geringen Stärke einnehmen, durchaus konstruktiv, sehr biegsam und überall leicht anzubringen. Unter Umständen kann man auch mit Vorteil die Hohlräume hinter den Platten zur Luftleitung heranziehen und somit eine hervorragende, sehr einfache Lüftung erreichen, die zur Trockenhaltung bzw. zum Austrocknen der umschlossenen Bauteile bestens beiträgt. Für besondere Zwecke werden die Kosmos-Falztafeln auch mit einer oder zwei gleichartig gebildeten Flachschichten versehen, geliefert (Abb. 49 und 50), und zwar namentlich für die Herstellung ganzer Wände und Gebäude in Verbindung mit leichten Holz- oder Eisengerüsten und Verputz. Genaueres, namentlich in baukonstruktiver Richtung, ist aus der Broschüre: Anwendung und Bewährung des Patent-Falztafeln-Kosmos von A. W. Andernach in Beul a. Rh. zu entnehmen.

Endlich sei noch einiger baulicher Verwendungen des Steinkohlenteers, vorwiegend als Anstrichmasse zum Schutze des Eisens vor Rost (vgl. S. 553) und von Mauerwerk gegen Feuchtigkeit, sowie chemische Einwirkungen der verschiedensten Art, ferner zur Tränkung von Ziegeln und ähnlichen porösen Kunststeinen gedacht. Zu allen diesen Arbeiten wird der wasserfreie Teer in heißem Zustande verwendet, um auch die kleinsten Vertiefungen und Poren gut auszufüllen. Sind bei Eisenkonstruktionen u. dgl. zwei Anstriche erforderlich, so ist der zweite erst nach vollkommener Trocknung des ersten aufzubringen; hierbei wird der erste soweit erweicht, daß er sich mit dem zweiten zu einer einheitlichen Schicht verbindet. Während kleinere Gebrauchsgegenstände nach Erwärmung einfach in den heißen Teer hineingetaucht werden, werden größere Teile mit ihm gestrichen. Bereits auf S. 553 wurde hervorgehoben, daß Teer ein gut bewährtes Rostschutzmittel auch für Eisenbauten ist, daß man ihm aber, um sicher zu sein, daß keine freie Säure in ihm mehr wirksam ist, zweckmäßig gelöschten Kalk zusetzt und zudem durch eine Petroleumzugabe seine Streichfähigkeit verbessern kann.

Handelt es sich um die Tränkung von Ziegeln, sowohl von Dachsteinen als auch Normalformaten durch Steinkohlenteer, so ist auch hier ein ziemlich starkes Erwärmen der Steine notwendig, damit alsdann die in den Steinporen befindliche, stark verdünnte Luft ein schnelles und tiefes Eindringen des Teers sichert, wobei die frisch gestrichene oder durch Eintauchen imprägnierte Fläche ein mattes Aussehen erhält; erst wenn der Ziegel keinen Teer mehr aufzunehmen vermag, zeigt sich eine glänzende Oberfläche, deren Auftreten mithin eine Sicherheit für eine gut ausgeführte Durchtränkung bildet, die stets mehrere mm in den Stein eingedrungen sein muß.

Derartig mit Teer, meist nur einseitig, getränkte Dachsteine sind vollkommen undurchlässig gegenüber den Witterungseinflüssen, sind also auch der Gefahr eines oberflächlichen oder vollkommenen Gefrierens nicht ausgesetzt, da in die Steinporen kein Wasser einzudringen vermag und haben sich zudem vorzüglich bei Hagelschlag bewährt; es kommt noch hinzu, daß die im Teer enthaltene Karbolsäure eine Reihe von Jahren hindurch das Entstehen von pflanzlichem Leben auf dem Stein mit seinen chemischen und mechanischen Zerstörungsmöglichkeiten ausschließt.

In gleicher Weise sind auch Mauerziegel, die durch eine Teertränkung vor allem wasser- und oft auch säurefest gemacht werden sollen, zu behandeln; meist werden sie mit Hilfe von Koksfeuern auf etwa 130° C erhitzt, dann in eine mit flüssigem Teer gefüllte Pfanne gebracht, um schließlich, — nach Abtropfen des überflüssigen Teeres — auf geebneter, mit feinem Sande bestreuter Erdfläche allmählich abzukühlen.

Es ist darauf zu sehen, daß die Oberfläche rauh und kräftig schwarz erscheint und der Teer bis mindestens 1 cm tief in den Stein eingedrungen ist.

In gleicher Weise kann naturgemäß auch geschmolzenes Asphaltbitumen bzw. Mastix — wenn auch hierbei die Kosten erheblich größer sind — zur Tränkung von Ziegeln Verwendung finden.

Auch können mit Teer usw. schräge bzw. senkrechte Mauerflächen gegenüber dem Eindringen von Feuchtigkeit gestrichen werden.

Ein dem Teer nahestehender, wie dieser für Dachdeckungen benutzter Baustoff ist:

Holzzement[1]).

Holzzement besteht aus reinem Steinkohlenteer (100 T.), dem zur Erhöhung seines Schmelzpunktes Schwefel (10 T.), sowie um die Masse nicht zu strengflüssig zu bekommen, noch Kolophonium (6 T.) bzw. an seiner Stelle harziges Öl zugesetzt werden. Die tiefschwarze, zähflüssige bis teigartige, teerähnliche Masse wird heute fabrikmäßig durch Zusammenkochen der drei vorgenannten Stoffe in meist geschlossenen, mit einem Abzugsrohre versehenen, eisernen Kesseln gewonnen.

Die günstige Wirkung der einzelnen Gemengteile aufeinander, namentlich die günstige Beeinflussung des Schmelzpunktes des Teers durch den Schwefel beruht vorwiegend auf einer chemischen Verbindung, die beide Stoffe bei einer Temperatur über 100° eingehen. Holzzement findet Verwendung zu den, durch ihre besonders flache Neigung (bis 1 : 20) ausgezeichneten Holzzementdächern, bei denen auf einer ganz glatten oder durch feinen Sand, Asche oder dgl. besonders abgedeckten, vollkommen geebneten Holzschalung vier bis fünf Lagen von starkem Papier mit der erhitzten und hierdurch flüssig gemachten Holzzementmasse gestrichen und verklebt werden. Das verwendete Papier, möglichst ungeleimt und knotenfrei, wird in besonderen Fabriken in Normalbreite von 175 cm und großen Längen hergestellt.

§ 103. Ruberoid, Asbestgewebe, wasserdichte Gewebe für Bedachungen und Verkleidungsarbeiten, Linoleum, Kautschuk und Guttapercha.

1. **Ruberoid.** Das seit längerer Zeit bestens bewährte und unter den verschiedensten Verhältnissen und Verwendungsbedingungen mit gutem Erfolge benutzte Deckungs- und Isolierungsmaterial besteht aus einer vorzüglichen Wollfilzpappe als Grundlage, welche zunächst durch und durch mit der wasserfesten, wetterbeständigen, gegen Säuren und Laugen gleich unempfindlichen Ruberoidmischung getränkt und hierauf mit dieser — jedoch in härterer Komposition — auf beiden Seiten überzogen wird. Die Ruberoidmischung enthält weder Teer noch Asphalt, kommt an Elastizität und Zähigkeit dem Rohgummi gleich, wird also hierin weder von einer anderen Isolierpappe noch von Asphaltfilz u. dgl. erreicht; während, wie aus vergleichenden Versuchen des Kgl. Material-Prüfungsamtes zu Groß-Lichterfelde hervorgeht, Asphaltfilz durch eine auf ihn einwirkende Belastung, bereits von 5 kg/qcm an, sehr erheblich, und zwar um fast 25 v. H. dauernd zusammengedrückt wird, erleidet Ruberoid eine nur geringe Formveränderung

[1]) Holzzement, dessen Benennung als wenig glücklich gewählt bezeichnet werden muß, da die Masse mit Zement nichts zu tun hat, wurde im Jahre 1839 von P. S. Häusler in Hirschberg zuerst hergestellt, der fand, daß Steinkohlenteer mit Schwefel zusammengekocht, einen höheren Schmelzpunkt erhält und zu einer harten Masse erstarrt, die zunächst zum Dichten von Weinfässern benutzt wurde; aus diesem Zwecke wird die gewählte Bezeichnung für das Dichtungsmittel erklärlich.

(7 v. H.). Diese Zahlen steigern sich bei einer Druckbeanspruchung von 200 kg/qcm auf 40 bzw. 13 v. H.

Ein weiterer Vorzug des Ruberoids ist seine geringe Stärke, die normal nur etwa 2,5 mm beträgt, namentlich wichtig für die Isolierung von Mauerwerk, das mit dünnen Fugen hergestellt wird. Es kommt hinzu, daß gegenüber Isolationsstoffen, die Teer und Asphalt enthalten, hier sogar bei einer Belastung von 200 kg/qcm noch keinerlei Herausquellen der Isolationsmasse wahrgenommen wurde, also auch keinerlei einseitige Setzungen von mit Ruberoid isolierten Mauern zu befürchten stehen.

Trotz seiner geringen Stärke zeigt Ruberoid eine sehr große Zugfestigkeit, die nach den Lichterfelder Versuchen zu rund 41,3 kg/qcm festgestellt ist, während für die in Vergleich gezogenen Asphaltfilzplatten nur rd. 10 kg/qcm gefunden wurden; in gleichem Sinne erreichten die bei Zugversuchen beobachteten Dehnungen des Ruberoids nur etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ der bei den benutzten Asphaltfilzplatten beobachteten Werte.

In gleicher Weise hat sich die Wärmebeständigkeit von Ruberoid als sehr groß gezeigt; bis 150° C hält es sich unverändert und kann demgemäß auch an steiler Wand oder in steil geneigter Dachfläche, der Sonnenbestrahlung ausgesetzt, Verwendung finden, ohne daß ein Ablaufen der Imprägnierungsmasse zu befürchten steht. Gleichgroß ist die Wasserdichtigkeit, haben doch hier die mehrfach erwähnten Versuche ergeben, daß selbst nach 75 Tagen bei Ruberoid weder Wasser durchgedrungen, noch irgend eine Veränderung eingetreten ist; im Vergleiche zu Asphaltfilz zeigte sich, daß hierin Ruberoid einer doppelt so starken Schicht von ersterem weit überlegen ist. Auch gegen chemische Reagenzien verhält sich die Masse so günstig, daß Ruberoid sogar zur Auskleidung von Akkumulatorenkästen der Straßenbahnwagen mit hervorragendem Erfolge und in großem Maßstabe verwendet werden konnte.

Die Ausführung der Isolationsarbeit mittelst Ruberoid ist eine sehr einfache, da das in Rollen, daneben auch in, den Mauerstärken entsprechenden Breiten gelieferte Material auf dem Mauerwerke, dem Beton bzw. der Schalungsunterlage usw. einfach aufgerollt und mit einer heißflüssigen Klebemasse aufgeklebt wird.

Bei Einfügung des Ruberoids in die Fugen des aufgeführten Mauerwerkes ist ein Verkleben der Stoßfugen nicht erforderlich; hier reicht der Druck des nach oben geführten Mauerwerks bereits aus, um an dieser Stelle vollkommene Dichtheit zu erzielen; hingegen ist bei Abdeckung von Gewölben, Dächern usw. ein Verkleben des i. d. R. 10 cm breiten Überschlages notwendig. Zum Schlusse wird auf das Ruberoid ein sehr satter Anstrich mit heißflüssiger Klebemasse von härterer Beschaffenheit aufgebracht, um jegliche mechanische Beschädigung durch überliegendes Füllmaterial, Betreten der heißen Fläche usw. auszuschließen. Die fertige Ruberoidabdeckung erfordert etwa 3,50 bis 4,00 Mark für 1 qm.

Die üblichen Rollenabmessungen für Abdeckungsarbeiten von Gewölben usw. („Ruberoid Nr. 3“) sind 20 qm bei 91,5 cm Breite; daneben sind für Mauerisolierung die Breiten von 13, 25, 30, 38, 51, 57, 64, 70, 77, 87, 91,5 und 100 cm bei 10 m Länge im Handel.

Für Dachdeckungszwecke wird neben dem normalen matt grüngrauen Material auch ein schön und kräftig, dabei dauerhaft, rot gefärbtes geliefert, und zwar durch eine, während der Fabrikation vorgenommene Färbung der äußeren, gehärteten Ruberoidmasse; hierdurch wirkt die Bedachung auch ästhetisch und fügt sich gut in jedes Landschaftsbild ein. Es liegt auf der Hand, daß in gleicher Weise Dächer mit Holzschalung als auch solche aus Beton (und Eisenbeton) abgedeckt werden können; die Art der Ein-

deckung erfolgt auch hier wie vorstehend beschrieben wurde. Ein öfterer Anstrich wie beim Pappdache ist nicht notwendig.

2. **Asbestgewebe.** Von dem in der Natur vorkommenden Asbest[1]), einem unverbrennlichen, durch Säuren und ätzende Stoffe unangreifbaren, durch sein schlechtes Wärmeleitungsvermögen ausgezeichneten, leicht formbaren, mineralischen Stoffe, werden in der Technik diejenigen Arten bevorzugt, welche aus langen, feinen, biegsamen Kristallen bestehen, also in faseriger Struktur sich zeigen. Nachdem die einzelnen Fasern vermittelst geeigneter mechanischer Vorrichtungen voneinander getrennt sind, werden sie in der gleichen Weise verarbeitet, wie man dies mit anderen Gespinstfasern tut, d. h. sie werden zu Garn versponnen, das dann weiter zur Herstellung von Geweben dient, oder verfilzt und somit zu Platten verschiedener Stärke von i. d. R. sehr weicher Beschaffenheit vereinigt. Daneben kann man auch den Asbest in Form einer lockeren, flockigen durch einfaches Zerfasern gewonnenen Masse als Isolationsmittel verwenden; allerdings ist diese Art der Benutzung gegenüber der in Form von Platten, Filz, Geweben usw. von untergeordneter Art.

Die namentlich wegen ihrer Feuersicherheit für Theaterdekorationen, dann wegen ihrer schlechten Wärmeleitung für warme und kalte Rohrleitungen u. dgl. benutzten Asbestgewebe werden in sehr verschiedener Art hergestellt; zunächst können Baumwollfäden, mit Asbest übersponnen, ein Gewebe bilden, das mit Wasserglaslösung bestrichen und mit Asbestfasern bestreut wird, die dann durch (Walzen-) Pressung mit der aus dem Wasserglase sich ausscheidenden gallertartigen Kieselsäure verbunden, die Erzeugung dünnerer wie stärkerer Asbestplatten bedingen. Hierbei kann man auch als Einlage ein dünnes Drahtnetz aus Eisen-, Messing- usw. Draht verwenden und somit vollkommen feuersichere Platten von zudem großer Biegefestigkeit gewinnen.

Unter Umständen wird auch das zugrunde gelegte Baumwollgewebe zunächst mit schwefelsaurer Tonerde getränkt, und erst nach dem Aufstreuen der Asbestfasern die nunmehr gebildete Fläche mit verdünnter Wasserglaslösung besprengt. Auch kann man ähnlich wie bei gewöhnlicher Stroh- bzw. Holzpappe die Herstellung der Asbestplatten nach Zermahlen von Asbest-, Leinen-, Woll- u. dgl. Fasern und Anrühren dieser mit Wasserglas-, auch Leimlösung, bzw. beider zu einem dünnen Brei mit Hilfe von Walzen bewirken; auch hier wird zweckmäßig ein Netz aus dünnem Eisendraht oder dgl. eingelegt, in dessen Maschen die breiige Asbestmasse zunächst in geringem Maße, im Laufe der Herstellung und nach mehrmaligem Überwalzen aber in immer größerer Menge sich festsetzt, um schließlich eine Art Asbesttuch zu bilden.

Die Dicke der Asbestpappe kann, ihrer Herstellung entsprechend, sehr verschieden sein; während die geringsten Stärken nur 1 mm betragen, können Höchstabmessungen von mehreren cm erzeugt werden. Die Platten lassen sich leicht schneiden und sind bei etwa 6 mm Stärke noch so biegsam, daß man sie leicht um zylindrische Körper — Dampfrohre u. dgl. — wickeln kann. Zum Feuerschutze genügt für die Sicherung darunter liegender Holzbauten u. dgl. eine Stärke von etwa 5 mm.

Eine besondere Art von Asbestplatten mit innerem Drahtnetze bilden die sogenannten „Superatorplatten“[2]), bei denen als Bindemittel Magnesiumoxychloryd

[1]) Über die Konstitution der Asbeste, ihre Entstehung, Vorkommen usw. vgl. u. a. E. Feltone, Isoliermaterialien und Wärme-(Kälte-)Schutzmassen. A. Hartlebens Verlag 1903 S. 69 u. flgd. Vgl. auch Teil I des vorliegenden Lehrbuches, S. 6.

[2]) Diese Platten werden hergestellt von J. H. Reinhardt in Würzburg. Früher wurde als Bindemittel Chlorzink und Zinkoxyd benutzt, die naturgemäß teurer waren als die jetzt verwendeten Bindestoffe, auch größeres Gewicht aufwiesen.

(Sorelscher Zement, S. 202) Verwendung findet und denen man neben den Asbestfasern indifferente Körper, selbstverständlich vollkommen feuersicherer Art, zusetzen kann. Als solche verwendet man zweckmäßig Ton, und zwar für weiße Platten Pfeifenton, für farbige Lehm u. dgl. Auch kann die ganze Masse durch Ocker gelb, durch Eisenoxyd rot, durch Braunstein braun usw. gefärbt werden.

Bei der Herstellung der 3/4—6 mm starken Platten wird zunächst langfaseriger, gut zerteilter Asbest in rotierenden Trommeln mit feingepulvertem gebrannten Magnesit gemischt, wenn gewünscht unter Zusatz der indifferenten Beimengungen und der Farbstoffe; alsdann wird die verdünnte Chlormagnesiumlösung hinzugefügt und der so entstehende Teig endlich unter Vermittelung eines Formrahmens auf der Drahteinlage festgewalzt; erforderlichen Falles können auch mehrere Drahtnetze eingefügt, d. h. die alsdann stärkeren Platten aus einzelnen Schichten hergestellt werden. Sollen die Platten wasserdicht werden, so wird dies durch eine Tränkung in Chlormagnesiumlösung und nach deren Einsaugen in einer verdünnten Lösung von Wasserglas bewirkt; hierbei bildet sich in den Poren der Platten ein Niederschlag von kieselsaurer Magnesia.

Superatorplatten sind ausgezeichnete Schutzmittel für Wärme und Kälte und dabei durchaus feuersicher; neben ihrer Hauptbestimmung zu Isolationszwecken finden sie deshalb — und zwar meist in nur 5 mm Stärke — für Barackenbauten aller Art und zwar auf einem dünnen Holz- oder Eisen-Rahmenwerke Verwendung. Für die Tropen haben solche Häuser mit eisernem Tragwerke noch den erheblichen Vorzug, daß sie von Insekten nicht angegriffen werden.

Über die Asbestschieferplatten — in neuester Zeit als Eternitschiefer bezeichnet — ist bereits bei dem Abschnitte: Künstliche Steine, S. 237, das Wichtigste mitgeteilt; es sei hier nur noch auf die in Anm. [1]) erwähnte Broschüre verwiesen.

3. Die **wasserdichten Leinenstoffe und ähnliche Gewebe** werden neben der Errichtung von Zelten auch zur Bekleidung von Baracken, zur Dacheindeckung, zum Überziehen von Wänden, zur Herstellung von Fußböden usw. benutzt. Meist werden die sehr haltbaren, elastischen, abwaschbaren Stoffe — i. d. R. Segeltuche — durch einen Anstrich luft- und wasserdicht, auch durch Imprägnierung unverbrennlich, also feuersicher gemacht. Die Stoffe finden, beliebig gefärbt, Verwendung auf trockener Holzschalung zur Erzeugung einer, allen Forderungen genügenden Dachhaut, auch als Ersatz für harte Bedachung, ferner zur Außenbekleidung von Baracken, für Innenbekleidung von Fabriken, industriellen Bauten aller Art usw.; in diesem Falle bilden sie einen vorzüglichen Schutz der Wand- bzw. Deckenkonstruktionen gegen die Zerstörung durch aufsteigende Dämpfe u. dgl. und verhindern zugleich ein Abtropfen von Schweiß- bzw. Kondenswasser, das an der glatten Stoffbekleidung leicht abläuft.

Als besondere Arten solcher wasserdichten Leinenstoffe sind zu nennen:

Die Fabrikate von Weber-Falckenberg (Berlin, Köln, Wien), vielfach — auch bei Tropenbauten — vorzüglich bewährt, namentlich in Hinsicht auf ihre Feuersicherheit, ihre lange Haltbarkeit und die sehr geringen Unterhaltungskosten, in Normalbreiten von 115 cm und sehr verschiedenen Farben geliefert.

Die Dach- und Wandbekleidungsstoffe von Karstadt (Hamburg), ausgezeichnet einerseits durch die Gestaltung der Unterlage, welche keilförmige Nuten zum

[1]) Eternit. Patent Hatschek (D.R.P. 162329). Herausgegeben von der Deutschen Eternit-Gesellschaft in Hamburg. Die in Groß-Lichterfelde mit dem Material vorgenommenen Versuche haben sehr befriedigende Ergebnisse gezeitigt; namentlich erscheint die sehr hohe Zugfestigkeit von 420 kg/qcm bemerkenswert.

Anschlusse der Stoffe zeigt, andererseits durch die Befestigung letzterer in den Nuten, die vollkommen ohne Nagelung und zwar nur durch einen keilförmigen Verschluß schließlich unter Ausfüllung der ganzen Nut mit Kitt erfolgt[1]). Naturgemäß kann aber auch jede andere Eindeckungsart mit den Karstadtschen Geweben ausgeführt werden, wie z. B. Nagelung und Überklebung auf durchgehender Holzschalung, Eindeckung nach Art eines Pappdaches mittelst dreieckiger Leisten usw.

Pappoleïn der Firma Röpert (Dessau). Der aus langfaserigen wollenen und leinenen Rohstoffen hergestellte Stoff ist mit einer öl- und fettreichen Holzzementmasse getränkt und mit einer feinen, fest eingepreßten Sandschicht oberflächlich gefestigt. Die Verwendung des sehr zähen, festen und biegsamen Stoffes erstreckt sich fast ausschließlich auf Dacheindeckungsarbeiten.

Ähnliche Stoffe sind: Die Bedachungsleinwand von N. Scheer-Mainz (eine Asphaltleinenplatte), von Strohmeyer & Co., Konstanz (ein präpariertes Hanfsegeltuch mit und ohne Drahteinlage), der Dachdeckungsstoff Antin-Elementum von W. Seck-Oberursel bei Frankfurt a. M., ein besonders getränktes Jutegewebe, welches mit einer an der Luft zementartig erhärtenden Masse imprägniert ist, u. a. m.

4. **Linoleum**[2]). Linoleum besteht aus feingemahlenem Kork, durch besondere Behandlung oxydiertem und hierdurch zu einem gummiartigen Bindemittel umgewandelten Leinöl, die beide, zu einem hoch plastischen Gemenge vermischt, auf besonders präpariertes Jutegewebe einseitig aufgewalzt werden. Je nach der Art, in der die Oxydation des Leinöls vor sich geht, wird das Naturverfahren „Walton" — das ursprüngliche, aber länger dauernde, wenn auch das Öl besonders gut oxydierende — und das Verfahren „Taylor" unterschieden, bei dem die Oxydation des Leinöls vorwiegend auf abgekürztem chemischen Wege erfolgt; hiervon abgesehen ist die Fabrikation des Linoleums überall die gleiche.

Das Leinöl — d. h. das aus der Leinölpflanze (Linum, daher der Name!) ausgepreßte Öl von hellgoldgelber bis bräunlichgelber Färbung, bildet den wichtigsten Bestandteil des Fabrikates; es macht das Linoleum dauernd geschmeidig und zähe und liefert im Verein mit dem Korkmehl — wie schon kurz hervorgehoben — die plastische Masse.

In der Regel läßt man das Leinöl vor seiner Verwendung in großen Öltanks monatelang ablagern, damit sich alle unreinen Bestandteile absetzen können, und bringt es hierauf zur Oxydation, d. h. zur Eintrocknung in Gegenwart von Sauerstoff. Zu diesem Zwecke gelangt das Öl — nach dem Naturverfahren von Walton — in besonders geheizte Schuppen — Oxydierhäuser —, in denen lange Nesselgewebebahnen dicht vor- und nebeneinander aufgespannt sind, um mit dem Öl berieselt zu werden. Hierfür

[1]) Vgl.: Der Deutsche Dachdecker vom 15. Sept. 1889.

[2]) Nach einer Anzahl von Vorversuchen wurde das Linoleum im Jahre 1860 von dem Engländer F. Walton erfunden, bald darauf auch von Taylor auf einem anderen, und zwar, soweit die Zubereitung des Leinöls in Frage kam, schnelleren Wege hergestellt, allerdings so lange das Waltonsche Patent Giltigkeit hatte unter dem Namen Corticine in den Verkehr gebracht. Nach Deutschland wurde die Industrie 1882 verpflanzt und hier zunächst in Delmenhorst bei Bremen, einem durch seine Korkindustrie besonders geeigneten Orte, eine Fabrikanlage erbaut, die nach dem Verfahren Walton betrieben wurde. In den Jahren 1882 und 1883 entstanden in Rixdorf und Köpenik Linoleumfabriken (Taylor-Verfahren), denen 1892 eine weitere Delmenhorster Anlage folgte, die die „Anker"-Marke nach System Walton in den Handel brachte. 1893 entstand eine Fabrik in Maximiliansau, 1897 in Bedburg, 1898 und 1899 in Eberswalde bezw. Bietigheim bezw. — eine dritte Anlage — in Delmenhorst usw.

Das dem Linoleum verwandte „Lincrusta" wurde 1877 zuerst in England als Ersatz für Papier- und gepreßte Ledertapeten erzeugt und seine Fabrikation 1890 in Deutschland eingeführt.

sorgen Pumpen, welche das Öl täglich von neuem von oben her den Nesselstreifen zuführen; an diesen fließt es herunter, kommt so innigst mit der Luft in Berührung und verwandelt sich hierbei durch den Sauerstoff unter Ausscheidung von Kohlen- und Wasserstoff in Linoxyn. Die sich somit bildende Schicht von oxydiertem Leinöl verdickt sich von Tag zu Tag, um nach etwa 5 Monaten, nach welcher Zeit das oxydierte Öl für die Linoleumherstellung reif ist, zu einer 2—3 cm dicken, homogenen, nicht klebrigen Masse von orangeroter Farbe anzuwachsen. Alsdann werden die langen Bahnen aus den Oxydierhäusern herausgenommen, in kleinere Stücke geteilt, aufgerollt und bis zum weiteren Verbrauch gelagert. Rechnet man für das Leinöl eine Lagerdauer von 4—5 Monaten, für die Oxydation 5 Monate und endlich 2 Monate noch bis zur endgültigen Verarbeitung, so ergibt sich für die Vorbereitung des Öls ein Zeitraum von rund 1 Jahr Dauer.

Nach dem Taylorschen Verfahren ist diese Zeit sehr erheblich abgekürzt; hier macht das Leinöl einen schnellen Oxydationsprozeß durch, den man am besten mit dem Bessemer-Prozesse bei der Stahl- und Flußeisengewinnung vergleichen kann, da hier dem stark eingekochten Leinöl auf mechanischem Wege Sauerstoff zugeführt wird und der sonst Monate beanspruchende Oxydationsprozeß auf Stunden herabgesetzt wird.

Nach Beendigung des Oxydationsvorganges wird das oxydierte Leinöl unter Zusatz von Kauri — einem fossilen, aus Neuseeland kommenden Harze — und anderen Harzen zu einer zähen, kautschukartigen Masse gekocht, die den Namen Linoleum-Zement führt und nunmehr innigst mit den sehr feingemahlenen, gereinigten Abfällen der Flaschenkorkfabrikation, denen vorher in trockenem Zustande die Erd- bzw. chemischen Farbmittel zugesetzt wurden, vermischt wird[1]). Dieser recht schwierigen Arbeit dienen große Trommeln mit innenliegenden Mischflügeln, sowie Walz- und Zerkleinerungsmaschinen, die die Masse mischen, kneten und dann wieder zerreißen, um eine möglichst innige Verbindung der beiden Stoffe zu erzielen. Alsdann gelangt die fertige, plastische Masse auf mechanischem Wege in große Kalander, d. s. Maschinen mit 4 mächtigen Walzen, zwei hinteren größeren, Arbeitswalzen und zwei vorderen kleineren Polierwalzen. Durch diese Walzen wird die Linoleummasse auf ein entsprechend breites Jutegewebe aufgewalzt, wobei der Raum zwischen den Arbeitswalzen genau nach der Stärke des herzustellenden Linoleum eingestellt wird, d. h. sich meist zwischen 1,5 und 15 mm bewegt. Zum Glätten und Polieren der Oberfläche durchläuft das nunmehr fertig gewalzte Linoleum die beiden Polierwalzen, um von hier aus noch nach der Grundiermaschine zu gelangen, welche die Rückseite des Jutegewebes mit einer roten Firnisfarbe überzieht und zugleich Firma, Qualitätsbezeichnung und Anfertigungsdatum aufstempelt.

Schließlich gelangt das Linoleum in große Räume mit Hängegerüsten zum Zwecke der Trocknung der Rückseite, und alsdann in luftige und warme Trockenhäuser, in denen es flach ausgestreckt längere Zeit lagert, um endlich genau beschnitten, geprüft und zum Versand fertig gemacht zu werden.

Je nach der Färbung der Oberfläche des Linoleums unterscheidet man einfarbiges, in sehr verschiedenen Farbtönen geliefertes und mehrfarbiges Material; letzteres kann durch Bedrucken mit Ölfarbe erzeugt oder durch und durch gemustert werden.

Es liegt auf der Hand, daß ein Bedrucken keine dauernd haltbare Färbung abzugeben vermag, da sich die Ölfarbe bald abläuft; deshalb findet eine derartige Farb-

[1]) Die Korkabfälle werden zunächst auf Vorbrechern zerkleinert und dann auf horizontal liegenden Mahlsteinen feinst vermahlen und endlich gesiebt.

gebung heute auch fast nur noch für die dünnen billigen Qualitäten statt. Das durchgemusterte Linoleum kann entweder durch ausschließliches Zusammenmengen verschieden gefärbten Rohlinoleums vor dem Aufwalzen, wodurch das Linoleum das Aussehen eines mehrfarbigen, gemischten Gesteines erhält (z. B. Marke Granit usw.), hergestellt oder nach besonderen ornamentalen Mustern erzeugt werden — Inlaid-Linoleum.

In letzterem Fall wird die Verfestigung des Linoleums auf der Juteunterlage meist nicht mehr durch Walzen, sondern durch hydraulische Pressen mit hohem Drucke bewirkt, deren Platten, mit Dampf geheizt, das trockene Rohlinoleum-Material wieder formbar machen und die einzelnen verschiedenfarbigen Teile unter sich fest und dauerhaft zu einer fugenlosen Fläche vereinigen. Bei der Zusammensetzung der oft recht verwickelten Muster und Figuren kann in der Art vorgegangen werden, daß entweder jede Farbe für sich hergestellt, die Figuren ausgestanzt und alsdann auf der Juteunterlage zusammengesetzt werden, oder daß von gitterartigen Formen (Gratings) und Schablonen Gebrauch gemacht wird, in deren einzelne Felder die verschiedenfarbigen Rohlinoleumzemente von Hand aus oder auf maschinellem Wege eingebracht werden.

Es liegt auf der Hand, daß beim Pressen des Inlaid-Linoleum nur stückweise vorgegangen werden kann, und namentlich bei den hierdurch bedingten Anschlüssen eines fertigen Feldes an das folgende große Vorsicht und Sorgfalt geboten sind.

Die Vorzüge des als idealer Fußbodenbelag, daneben auch in der Möbelfabrikation zum Belegen von Platten usw. verwendeten Linoleums sind: Seine Wasserundurchlässigkeit, seine große Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung[1]) seine glatte Oberfläche und Fugenlosigkeit, seine schlechte, warme Fußböden sichernde Wärmeleitung, seine Schalldämpfung, die dauernd verbleibende Elastizität, die Leichtigkeit der Vornahme von Ausbesserungen, das gute Aussehen usw. Auch sind seine Festigkeiten durchaus hohe; man kann bei gutem Material mit rd. 60—70 kg/qcm Zugfestigkeit rechnen und annehmen, daß erst von einer Druckbelastung von etwa 300 kg/qcm an eine Formänderung eintritt, die später zum allergrößten Teile wieder verschwindet. Das spezifische Gewicht beträgt i. M. 1,1. Das Waltonsche Fabrikat ist meist 15% schwerer als das nach dem Taylor-Verfahren gewonnene. Vielfach wird das Linoleum — abgesehen von abgepaßten Teppichgrößen — in Breiten von 0,6, 1,00, 2,00, 2,5 und 3 m geliefert. Es darf nicht eher verlegt werden, als bis die Unterlage vollkommen ausgetrocknet ist, da sonst Schimmelbildung entsteht, welche trotz der wasserdichten Rückseite das Linoleum im Laufe der Zeit angreift. Das Linoleum wird entweder genagelt oder mit Kopalharzkitt aufgeklebt, auf Steinmaterialen auch mit einem Zementkitt befestigt. Eine vorzügliche Unterlage bildet das von Maximiliansau gelieferte Korkment, das in der Hauptsache aus feuchtigkeitsbeständigen Stoffen in Bahnen von 200 cm Breite und in beliebiger Länge hergestellt wird. Über seine Verarbeitung und Einbringung als Unterlage für Hartlinoleum gibt die Anm.[2]) Auskunft.

[1]) Nach Untersuchungen der Berl. Materialprüfungs-Anst. ergaben gleichartige Versuche betr. der Abnutzung das folgende Ergebnis:

	Abnutzungsgröße:
Granit	4,5 ccm
Basalt	6,0 „
Marmor	23,3 „
Eichenholz	7,8 „
Xylolith	7,6 „
Tonplatten	3,7 „
Linoleum	1,8 „

[2]) Je nach der Größe des Zimmers werden die Bahnen des Korkments zugeschnitten und mit Harzkopalkitt auf den Holz- oder Betonboden aufgeklebt, derart, daß die Oberseite des Kork-

Über die dem Linoleum in der Art der Herstellung nahestehende Lincrusta vgl. § 107 (Tapeten und verwandte Stoffe).

Seit wenigen Jahren wird als Ersatz für Linoleum für Fußböden, Treppenbeläge, Läufer, Teppiche, auch zur Wandbekleidung ein ersterem ähnliches Material mit der Bezeichnung „Ledra" in den Handel gebracht, dem bei erheblich geringerem Preise die gleichen günstigen Eigenschaften wie dem Linoleum zugeschrieben werden[1]).

5. **Kautschuk und Guttapercha.** Der aus dem Milchsaft verschiedener tropischer Pflanzen, in neuester Zeit auch auf synthetischem Wege chemisch gewonnene Kautschuk kommt in eingetrocknetem Zustande als mehr oder weniger unreiner Rohstoff aus Süd- und Zentralamerika, aus Ostindien, Afrika und Australien. Seine Verarbeitung erfolgt, soweit seine technische Anwendung in Frage kommt, fast ausschließlich zu vulkanisiertem Kautschuk. Nachdem der Rohkautschuk mehrere Stunden hindurch mit Wasser ausgekocht und hierauf die erweichte, gelbliche Masse unter Zufluß kalten Wassers ausreichend durchgeknetet, also gereinigt worden ist, findet eine oft monatelange Trocknung in erwärmten Räumen statt; hieran schließt sich ein Auswalzen in dünne Platten, die alsdann mittelst Mischwalzen mit den zum Vulkanisieren dienenden Stoffen und etwaigen Farbbeimengungen vermengt werden. Das Vulkanisieren, bestehend in einer Vereinigung von gereinigtem Rohkautschuk mit rd. 10 v. H. pulverförmigem Schwefel bzw. an seiner Stelle Schwefelmetallen, wie Schwefelantimon, Schwefelwismut, und zwar bei einer Temperatur von 50—60° C und Erhitzung des Gemenges auf 127—136° C, hat den Zweck, ein Elastischbleiben des Kautschuks auch in der Kälte zu sichern[2]), ihm in der Wärme die Klebrigkeit zu nehmen und ihn gegen eine Anzahl Lösungsmittel, welche den Rohkautschuk angreifen, widerstandsfähig zu machen[3]).

Bei höherem Schwefelzusatze von etwa 30—60 v. H. der Kautschukmenge und Erhitzung der in Formen gepreßten Masse während längerer Zeit zwischen 136—142° C entsteht aus ihr Hartgummi (Ebonit), eine schwarze, durch Verwendung von rotem Antimonschwefel an Stelle des Schwefels und Zusatz von Kermesfarbe rotbraune, hornartige

---

ments nach unten zu liegen kommt und die in die Unterseite des Korkments eingebettete Jute nach oben zeigt; die Bahnen werden scharf aneinander gestoßen, doch soll ringsherum an den Wänden ein wenig Spielraum bleiben.

Nachdem der Kitt angezogen hat, also nach etwa 24 bis 48 Stunden, wird der verlegte Korkmentboden mit dem Hartlinoleum belegt; die Bahnen des Hartlinoleums sollen entgegengesetzt der Richtung der Bahnen des Korkments laufen; im übrigen ist das Hartlinoleum wie auf jedem anderen Boden zu verlegen, nur muß die Rückseite mit dünnem, flüssigem Harzkopalkitt stark bestrichen werden. Durch diese Verlegungsart wird bewirkt, daß die Rückseite des Hartlinoleums. also die Jute, auf das Jutegewebe des Korkments zu liegen kommt, sodaß etwa in der Mitte des Doppelbelages eine doppelte Juteschicht, innig verbunden, eingebettet ist. — Diese Juteschicht macht den Belag besonders widerstandsfähig gegen Eindrücke von oben, ohne daß die Elastizität oder die Wärmewirkung des Korkments irgendwie beeinflußt würden. Hierdurch ist auch dort, wo der Preis eine Rolle spielt, die Möglichkeit gegeben, ein dünneres Hartlinoleum zu verwenden, ohne befürchten zu müssen, daß es sich als nicht genügend widerstandsfähig gegen Verkehrseindrücke erweisen würde.

Als Vorzüge des Korkments sind zu nennen: Fugenlosigkeit, große Elastizität, Widerstandsfähigkeit, Schallabdämpfung, geringe Wärmeleitung, und zwar bereits bei 4 mm Stärke; auch ist Korkment feuchtigkeitsbeständig, gleicht kleinere Unebenheiten in der Unterlage gut aus, vergrößert die günstigen Eigenschaften des Linoleumbelages und ist wegen seiner geringen Stärke gegenüber Korkplatten konstruktiv im Vorzug, dabei auch im Preise billiger.

1) Hergestellt von der Ledrafabrik L. Schmidt u. Sohn, Dresden-A.

2) Rohkautschuk verliert seine Elastizität schon bei 0° C und wird in der Kälte hart, wenn auch nicht spröde; bei 100° C ist das Material sehr klebrig.

3) Hier kommt das Erweichen des Kautschukes in heißem Wasser, seine Löslichkeit in Äther, Chloroform, vielen Ölen, Schwefelkohlenstoff, Benzin usw. in Frage.

Masse, von hoher Gleichmäßigkeit, Elastizität und ausgezeichneter Härte; letztere kann durch vermehrten Zusatz von Schwefel, allerdings auf Kosten der Elastizität vergrößert werden; setzt man Asphalt, Harz u. dgl. Stoffe noch zu, so werden sowohl Härte als Elastizität günstig beeinflußt.

Gereinigter Kautschuk findet Verwendung zu Dichtungsarbeiten namentlich bei Türen und Fenstern, zur Herstellung wasserdichter Überzüge von Stoffen, zu Firnis, Kitt (S. 725), zum Überziehen elektrischer Drähte, die in feuchten Räumen liegen, während das vulkanisierte Material zu Griffen aller Art, im Instrumentenbau usw. benutzt wird.

Dem Kautschuk in seiner Herkunft, seiner Verarbeitung wie seinen Eigenschaften durchaus ähnlich ist **Guttapercha**, ebenfalls ein Milchsaft tropischer Bäume, der in getrocknetem, rohem Zustande eine rötliche Farbe und eine gleichartige Zusammensetzung aus dünnen, hautartigen, zähen Schichten erkennen läßt. Der durch Kneten in kaltem, weiterhin in erwärmtem Wasser mechanisch durch Walzen gereinigte Rohstoff kommt in besonderen Formen, oder zu dünnen Bändern ausgewalzt, oder zu Fadenform ausgezogen in den Handel. In gleicher Weise wie Kautschuk läßt sich auch Guttapercha, wenn auch nicht zu einer so vollkommenen gleichartigen Masse vulkanisieren und in hornartigen Zustand überführen; auch ist die Verwendung in der Technik annähernd die gleiche, wenn auch hier die Isolierung elektrischer Leitungen, namentlich unter Wasser und in feuchten Räumen, eine größere Rolle spielt. Da Guttapercha sehr scharfe Abdrücke liefert, findet sie auch in der Galvanoplastik Verwendung.

Erwähnenswert sind hier endlich die Kautschukin-Isoliertafeln von C. H. Seyfarth & Co. in Altona[1]), mit deren Hilfe es möglich ist, auf billige Weise, aber zuverlässig, kalte, feuchte, ja selbst schimmelige und salpetrige Wände derart zu isolieren, daß eine sofortige Aufbringung von Tapeten möglich wird und diese dauernd trocken bleiben; das gleiche gilt auch von jedem frischen Putz, dessen Trocknung bei Verwendung der vorgenannten Platten nicht abgewartet zu werden braucht; auch kann man u. U. den Putz vollkommen sparen und die Tafeln auf den rohen Wänden anbringen. Die 50 · 50 cm großen Platten sind aus dünner wellenförmiger und ebener Pappe hergestellt und mit einem besonderen Mittel getränkt und zudem mit zwei „Kautschukin-Anstrichen“ besonders widerstandsfähig gemacht. Die gewählte Querschnittsform der Platten bedingt eine isolierende Luftschicht, deren Wirkung noch dadurch unterstützt wird, daß die mit Tapeten zu beklebende Seite der Tafeln aus Filzpappe besteht, welche wasserfest auf dem zur Herstellung der Luftkanäle dienenden Wellenbau befestigt ist. Somit kann die Luft des Zimmers hinter der Tapete sowie innerhalb der Tafel frei zirkulieren, wodurch eine warme, trockene Wand und eine glatte Tapetenfläche erzeugt wird. Die nur 1/2 cm auftragenden Tafeln werden unmittelbar auf die Wand mit verzinkten Nägeln so angenagelt, daß die blanke Seite gegen die Wand gekehrt ist und die ganze Bekleidung von der Fußleiste sowie von der Decke 1/2 cm Abstand behält, die Luftkanäle von unten nach oben durchlaufen und die Nägel in den Fugen in Abständen von ca. 10 cm mit den breiten Köpfen die Enden der Tafeln festhalten. Bei sehr nassen Wänden ist es erforderlich, die Fugen und die Nägelköpfe mit Papierstreifen zu überkleben, die man kurz vorher mit Kautschukin-Anstrich bestrichen hat.

[1]) D. RGM. 189154, D. RWZ. 2681, 10467, 59191.

§ 104. Filz, Gewebebauplatten, Rohr und Stroh.

1. Bester aus Wollfasern hergestellter **Filz** wird im Baufache außerordentlich vielseitig, zur Stoß- und Schallabminderung, als Unterlagsmaterial für Träger, Schienen, Maschinen, unter Fußbodenbelägen, als Dichtungsfilz zum Abdichten von Türen und Fenstern, als Wärmeschutz zum Umhüllen von Rohrleitungen, Kesseln, für Schleif- und Polierscheiben usw. verwendet.

Einen besonders gut bewährten Filz stellt der nach patentiertem Verfahren erzeugte, vollkommen imprägnierte und oberflächlich gehärtete Eisenfilz der Filzfabrik Adlershof A.-G.[1]) dar. Dieser zeichnet sich durch sehr große Festigkeit (Druckfestigkeit rd. 1460 kg/qcm), dauernd verbleibende Elastizität und Unempfindlichkeit gegen zerstörende Einflüsse der Witterung, der Fäulnis, von Öl usw. aus. Seine Herstellung erfolgt aus langem, kräftigem, besonders elastischem Wollhaarmaterial auf besonderen Maschinen, endlich unter dem Drucke starker hydraulischen Pressen. Da die jeweilige Verwendung des Eisenfilzes einen verschieden hohen Grad der Elastizität bedingt, so wird der Filz diesen Gesichtsspunkten entsprechend in verschiedener Stärke, Imprägnierung, Zusammenpressung usw. hergestellt. Der mit einem neutralen Erdölfett getränkte Filz wird noch mit einer rd. 4 mm eindringenden, wasserdichten Oberflächenschicht[1]) gesichert. Tränkung und Oberflächenschutz sichern gemeinsam den Eisenfilz gegen die Einwirkung der Atmosphäre, von Staub, Feuchtigkeit, Öl, Insektenfraß u. dgl. und bewirken somit mittelbar eine dauernde Elastizität und Bewährung der Filzplatten. Ihre Verwendung ist eine sehr vielseitige und erstreckt sich hauptsächlich auf:

a) Schall- und Stoßisolierung der Eisenbahnschienen aller Art, unter den eisernen Unterlagsplatten dieser, und zwar sowohl auf Holz- als Eisenschwellen, ferner auf Brücken, hier zudem unter den Auflagerstellen der Schwellen auf der Konstruktion, auf den Seiten- bzw. Ringmauern von Löschgruben, Schiebebühnen, Drehscheiben usw. Hierbei wird durch die Verminderung der Erschütterungen, die Übertragung eines dauernd gleichmäßigen Druckes auf die Schienenstützfläche und die Sicherung gegenüber allen schädigenden Einflüssen zugleich auch eine lang dauernde Erhaltung des Oberbaues, verbunden mit geringen Unterhaltungskosten bedingt. Über die Bewährung der Filzplatten in diesem Sinne gibt die Anm.[2]) Auskunft.

---

[1]) Vgl. wegen weiterer Einzelheiten die sehr ausführliche Broschüre der genannten Firma in Adlershof bei Berlin, daneben das D.R.P. 90800 (v. 19. II. 1895) und D.R.G.M. 163461. Während letzterer Schutz sich auf die Herstellung des oben angeführten Linoleumfilzes bezieht, erstreckt sich das Patent auf die Härtung der Oberfläche der Filzplatte vermittelst einer für Wasser und Öl undurchdringlichen Schicht. Hierdurch wird erreicht:

1. Eine größere Widerstandsfähigkeit der Platten gegen die auf Zerstörung des Materials gerichteten, wiederholten Druck- und Stoßwirkungen der auf den Platten ruhenden Last.

2. Schutz gegen die Witterungseinflüsse durch Verhinderung des Eindringens von Feuchtigkeit.

3. Schutz gegen das Aufsaugen von Ölen (Schmiermaterialien).

Nachdem der Filz das erste Stadium der Präparation zur größeren Haltbarkeit der ganzen Platte durchgemacht hat, bestreicht man die Unterlagsplatte entweder mit einer Leimschicht, welche man 4 mm eindringen läßt, und tränkt dann diese Leimschicht in bekannter Weise mit Chromalaun, doppelchromsaurem Kali oder Natron oder nach dem Verfahren des Patentes Nr. 88114, Kl. 8, mit Formalin (Formaldehydlösung) und läßt die Platte trocknen, oder man verwendet eine Lösung von Kautschuk und vulkanisiert dann letzteren. Die 4 mm starke, äußere feste Schicht bildet dann ein festes Ganzes.

Der Patentanspruch lautet:

Elastische Unterlagsplatte aus Filz, deren Oberfläche durch gehärteten Leim oder vulkanisierten Kautschuk usw. bis zu einer gewissen Tiefe in eine feste Schicht verwandelt ist.

[2]) Die Betriebsinspektion I, Berlin, hat — nach Mitteilung der obengenannten Firma — auf dem Geleise der Berliner Stadtbahn verschiedene Schienenlängen mit 15 mm Filzunterlagsplatten zwischen

b) Im Hochbau. Hier handelt es sich darum, durch Einschaltung von Filzplatten an geeigneter Stelle sowohl die im Gebäude entstehenden Erschütterungen und Geräusche möglichst aufzunehmen bzw. unschädlich abzuleiten als auch die Schwingungen zu verhindern, welche in das Bauwerk durch die Stöße vom Straßenverkehr her übertragen werden; zu diesem Zwecke werden zweckmäßig die Fundamentmauern, die Auflager von Trägern, Balken, von Säulen, die Fußbodenbeläge usw. durch ein- bzw. untergelegte Eisenfilzlagen isoliert; hierher gehört auch die Verwendung eines besonderen, imprägnierten und oberflächlich gehärteten „Linoleumfilzes" der Adlershofer Werke, welcher für sich als Unterlage für Linoleum oder gleich in Verbindung mit diesem eingebaut wird und in Rollen von 5,00 m Länge, 1,50 m Breite und in Stärken von 6, 8, 10, und 15 mm geliefert wird. Durch Verwendung dieses Linoleumfilzes wird neben dauernder hoher Elastizität, eine angenehme Fußwärme, eine sehr erhebliche Schallabdämpfung, sowie eine Sicherung gegen Ungeziefer bewirkt.

c) Im Maschinenbau zur Isolierung jeglicher Art von Maschinen, namentlich schnell laufender Motoren und Antriebsmaschinen, die in Gebäuden Aufstellung finden. Die Stärken der Eisenfilze betragen: 10, 15, 20, 25, 30, 35 und 50 mm, die Größtabmessungen sind auf 0,75—0,80 m festgesetzt. Für größere Unterbettungsflächen empfiehlt sich die Anordnung mehrerer Lagen von Filzplatten mit gegeneinander versetzten Stoßfugen.

2. **Gewebebauplatten**[1]). Gewebebauplatten dienen den gleichen Zwecken wie die vorbesprochenen Filzplatten; auch ist ihre Anwendung genau die gleiche wie bei diesen. Sie sind aus abwechselnd angeordneten starkfädigen, festen Gewebeschichten und weichen Filzlagen hergestellt, die vor ihrer Zusammenfügung in einem antiseptischen Bade getränkt wurden; zudem werden sie noch als fertige Platten vollkommen gegen Witterungseinflüsse, den Angriff von Säuren, Alkalien usw. wirkungsvoll imprägniert. Durch die abwechselnden festen Gewebeschichten und weichen Zwischenlagen ist bedingt, daß die Platten stets weich und elastisch bleiben, da die festen Gewebelagen ein Ineinanderpressen der Filzteile verhindern, während die festen Schichten jegliches seitliche Ausweichen der Platten unter senkrechtem Drucke ausschließen, d. h. die Platten dauernd stabil machen. Diesen erheblichen Vorzügen tritt noch der — namentlich im Vergleiche zu guten Filzplatten — geringere Preis, sowie die letzteren gegenüber geringere Stärke als vorteilhaft hinzu.

Wie aus Prüfungen der Berliner mechanisch-technischen Versuchsanstalt hervorgeht, sind die vor dem Versuche 1,83 cm starken Platten bei einer Pressung von

eiserner Unterlagsplatte und Schwelle verlegt. Nach zweijähriger Frist hat sich trotz des starken Verkehrs noch keine merkliche Abnutzung und keine Verminderung der Elastizität gezeigt, während sich die gleichzeitig ohne Filz verlegten eisernen Unterlagsplatten in die Schwellen eingefressen haben. Die Schwellen, auf welchen Filzunterlagsplatten verlegt waren, sind vollständig intakt geblieben. Daß bei der, durch die Anwendung der Filzunterlagsplatten gleichzeitig erzielten, Verminderung der Stöße auch die Schienen und das rollende Material geschont werden, läßt sich mit Bestimmtheit voraussehen. Abgesehen hiervon, ergibt aber schon die Verwendung der imprägnierten Unterlagsfilze hinsichtlich der Schwellen einen wirtschaftlichen Nutzen, da dieselben weder durch Einfressen der eisernen Unterlagsplatten geschwächt werden, noch eine Herausnahme der Schwellen behufs Nacharbeiten nötig wird. Die Schwelle kann daher bis zu ihrer vollständigen Unbrauchbarkeit liegen bleiben; zudem werden die Stopfarbeiten durch die elastisch bleibende imprägnierte Unterlagsfilzplatte und die dadurch bewirkte ruhigere Lage der Schwelle ganz erheblich verringert.

[1]) Hergestellt von der Galvanischen Metall-Papier-Fabrik, A.-G., Berlin-N.; vergl. auch die Broschüre dieser Firma über die Anwendung der Gewebebauplatten im Eisenbahn-, Hoch- und Maschinenbau (D.R.P. 119776 und 128543).

25 kg/qcm bis auf 1,291 bei 300 kg/qcm bis auf 1,00 cm zusammengepreßt worden; 30 Minuten nach Beendigung des Versuches waren jedoch die Stärken bereits wieder 1,71 bzw. 1,55 cm, d. h. die Formänderungen waren vorwiegend elastischer Art, der Stoff selbst also sehr elastisch.

Bisher haben sich, namentlich im Eisenbahnbau und zwar zu Unterlagen auf den Schwellen, die Gewebebauplatten bestens bewährt[1]).

3. **Rohr.** Rohr findet Verwendung als Mauerrohr für Wände- und Deckenputz, sowie als Deckrohr zur Herstellung von, dem Strohdache entsprechenden Dächern.

Für Mauerrohr wird geschältes, reifes, gerade gewachsenes Schilfrohr von 9—12 mm Stärke verwendet, und in einfacher oder — besser — sich kreuzender doppelter Lage vermittelst von Draht und Rohrnägeln an dem Holzwerk befestigt, um hier als Träger des Putzes zu dienen und diesen somit unabhängig von den Bewegungen des Holzes zu machen, also dauernd rißfrei zu erhalten. Neben dem Rohre kommen für den gleichen Zweck auch Rohrgewebe, einfache und doppelte, in den Handel, bei denen die einzelnen parallelen Rohrstengel durch Drähte gehalten werden[2]). Ihre Breite geht von 1,0 bis 2,5 m; ihre Länge richtet sich danach, daß jede Rolle 10—20 qm bedeckt.

Auch gibt es Rohrmatten, die mit Hilfe von Draht auf Holzleisten befestigt sind und durch den Anschluß der letzteren zu Wand- und Deckenbekleidungen dienen.

Für Dächer wird ungeschältes Rohr benutzt, das hier in Längen von etwa 1,0—1,2 m und in Schichtenstärken von rd. 4,5 cm Anwendung findet. Rohrdächer zeigen dieselben Vorzüge, aber auch die Nachteile der Strohdächer, sind letzteren allerdings in bezug auf ihre Haltbarkeit etwas überlegen.

Deckrohr wird schockweise bezogen, das Schock zu 60 Bund von je 30 Bürden, von denen jede wieder aus 5 Bündeln zu je 15 Halmen besteht.

4. **Stroh.** Verwendet wird in baulicher Hinsicht fast nur das lange Weizen- oder Roggenstroh, letzteres gern zu Dachdeckungs-, ersteres vorwiegend zu Stakarbeiten, sowie als Zusatz zu Lehmpisee-Estrich usw. Bauten. Strohdächer werden in der Regel auf 30—40 cm weiter Lattung zweckmäßig vermittelst verzinkten Eisendrahtes (wegen Verringerung der Flugfeuergefahr) hergestellt. Ihre Dauer kann bei sachgemäßer Wartung und Unterhaltung zu rd. 25 Jahren gerechnet werden. Sie sind durch ihre Leichtigkeit, Billigkeit, den guten Wärmeschutz als sehr schlechter Wärmeleiter, die Schnelligkeit der Herstellung, die große Luftdurchlässigkeit vorteilhaft ausgezeichnet und besitzen noch heute eine bedeutende Verwendung im landwirtschaftlichen Bauwesen, obwohl dieser nicht unbedeutende Nachteile entgegenstehen; namentlich sind hier die leichte Entzündbarkeit, vor allem aber die Entstehung von Flugfeuer zu nennen, daneben die Zerstörung durch Mäuse usw. Wenn auch durch die Verwendung von Draht zur Befestigung des Strohes, wie bereits erwähnt wurde, ferner durch den sich meist bildenden Belag von Moos die Gefährlichkeit des Daches verringert wird, so sind doch Bestrebungen anerkennenswert, welche das landständige Dach durch Tränken des Strohes mit Lehmwasser, Kalkmilch, Zementschlempe u. dgl. auf billige Weise möglichst unentflammbar machen wollen.

Hierher gehört das sog. Gernentzdach, bei dem die einzelnen, 1,0 · 0,75 m großen, 8—10 cm starken, mittelst verzinkten Eisendrahtes gebundenen Strohplatten

---

[1]) Vergl. hierüber die in der obigen Anmerkung angeführte Broschüre über die Verwendung der Gewebebauplatten im Eisenbahnbau. Hier sind eine größere Anzahl von Benutzungsstellen genannt und Beweise für die vorzügliche Bewährung und dauernd sich vergrößernde Anwendung gegeben.

[2]) Diese Rohrgewebe werden hergestellt von der Firma Strauß und Ruß in Cottbus (D.R.P.).

mit einen dünnen Brei von Lehm und Gips oder Zement, dem Ammoniakwasser zugesetzt wird, getränkt und noch feucht auf die Lattung gebracht werden. Die nach dem Trocknen sich bildende, steife und harte Masse hat sich bei Brandversuchen als unverbrennbar erwiesen, sodaß das Dach z. Z. probeweise im Regierungsbezirk Stade als feuersicher zugelassen ist[1]).

Das Stroh wird nach Gebunden verkauft zu rd. 0,09 cbm. Inhalt.

Kapitel XXXII.

Glas, Anstriche und Tapeten.

§ 105. Die Herstellung des Glases, seine Arten, Färbung, Eigenschaften, Verwendung und Prüfung.

Die Rohmasse des Glases, gewonnen durch Zusammenschmelzen, und zwar in hoher Temperatur, von Kieselsäure mit Kali, Natron, Kalk, Tonerde, Blei-, Wismut-, Eisen- oder Manganoxyden, ist ein amorpher, durchsichtiger, harter, für Flüssigkeiten und Gase undurchdringlicher, spröder Körper, der gegenüber chemischen und mechanischen Einflüssen eine große Widerstandsfähigkeit zeigt.

Die hauptsächlichsten Stoffe zur Glaserzeugung sind:

a) Kieselsäure (etwa 70—75 v. H.), meist in Form von Quarzsand, auch pulverisiertem Feuerstein, fein gemahlenem Quarzfels, Infusorienerde u. dgl., für gewöhnlichstes Glas auch durch Mergelerde — überhaupt Gemenge von Tonerde, Kieselerde und Kalk — ersetzt; auf Reinheit dieser Stoffe, namentlich das Fehlen von das Glas verfärbendem Eisen, ist besonders Wert zu legen.

b) Alkalien (rd. 10—15 v. H.), die eine Leichtflüssigkeit des Glases bedingen, vorwiegend Pottasche oder Soda, Kochsalz, Glaubersalz u. dgl.

c) Kalk (10—16 v. H.), um die Masse wetterbeständiger, härter, glänzender zu machen, zugesetzt i. d. R. als Kalkstein (Marmor, Kreide), Kalktuff, Kalkspat, manchmal ersetzt durch kieselsauren Kalk oder Strontianit.

d) Besondere Beimengungen: Hier sind namentlich zu nennen Bleioxyd (in Form von Mennige), zur Verbesserung des Glasflusses, wie zur Vergrößerung seiner Durchsichtigkeit und seiner Lichtbrechung; Zinnoxyd für Milchglas, sowie Glasabfälle, deren Zusammensetzung dem zu erzeugenden Glasflusse naturgemäß angepaßt sein muß u. a. m.

Da in den Rohstoffen stets Verunreinigungen, namentlich Eisenverbindungen und Schwefelsalze, vorhanden sind, ist die Rohglasmasse fast niemals wasserklar; sie erfordert deshalb Zusätze zur Entfärbung; als solche finden für die durch Eisen bedingte, mehr oder weniger grüne Verfärbung rote Farbmittel (d. h. die Komplementärfarbe) Benutzung, und zwar Braunstein (Mangansuperoxyd ausscheidend)[2]), daneben Selen, besser Nickeloxyd oder besondere Sonderentfärbungsmittel, während gegen die von Schwefelverbindungen bedingte Gelbfärbung Salpeter, arsenige Säure u. dgl. als entfärbend wirksam sind.

---

[1]) Z. d. B. 1908. Nr. 47.

[2]) Nicht selten zeigen durch Braunstein farblos gemachte Gläser später unter Einwirkung des Sonnenlichtes eine rötliche bis violette Färbung, bedingt durch höhere Oxydation des Mangans. Diese Verfärbung kann durch Erhitzung der Glasmasse wieder beseitigt werden.

Als Farbstoffe für Glas dienen Metalloxyde, die sich mit den Silikaten der Glasmasse verbinden.

Verwendet wird für:

Rot: Goldpurpur (Rubinglas), Kupferoxydul mit Zinnasche, Selen, Eisenoxyd (für gewöhnliche Gläser).

Grün: Chrom-, Nickel-, Kupferoxyd, Chromoxyd mit Eisenoxydul (für Flaschen usw.).

Blau: Kobaltoxyd, Kupferoxyd.

Braun: Eisenoxyd und Braunstein.

Gelb: Silberoxyd-, Antimon-, Blei-, Uran- und Kadmiumverbindungen verschiedenster Art, Eisenoxyd.

Violett: Braunstein und Eisenverbindungen, auch Nickeloxyd.

Weiß (Milchglas): Knochenasche (Kalkphosphat), Zinnoxyd, Bleioxyd.

Opalglas (schillernd): Silberoxyd und Knochenasche.

Naturgemäß lassen sich durch Vermischung der einzelnen Farbbeimengungen sehr verschiedenartige Zwischenstufen von Färbungen erzeugen.

Neben Glasflüssen, die vollkommen in ihrer ganzen Masse gefärbt sind, kann man auch farbloses Glas, nur mit einer sehr dünnen gefärbten Glasschicht überzogen, herstellen — Überfangglas. Zu diesen Arbeiten finden i. d. R. blei- oder boraxhaltige, leichtflüssige Gläser Verwendung.

Endlich läßt sich auch Glas oberflächlich färben durch Aufwalzen bunten Glasstaubes auf seine Oberfläche und Einschmelzen dieses; hierbei kann der verschiedenfarbige Glasstaub in Form von Ornamenten usw. aufgebracht und somit ein billiger und dabei wirkungsvoller Ersatz für bunte Glasfenster geschaffen werden[1]).

Das ungefärbte Glas wird, je nach der mehr oder weniger grünen Färbung, welche sich beim Betrachten seines Querschnittes zu erkennen gibt, unterschieden in: grünes (Flaschen), halbgrünes, halbweißes, dreiviertelweißes, weißes und ganz weißes Glas; zu der letzteren Art gehört das Spiegelglas, zu den anderen das gewöhnliche oder bessere Material für Verglasungen, Oberlichter und Glasbausteine.

Die Herstellung des Glases erfolgt durch ein Zusammenschmelzen der gereinigten und miteinander in dem genau vorher bestimmten Verhältnisse gemischten Rohstoffe, gegebenenfalls unter Zufügung von geeigneten Glasabfällen, und zwar entweder in sog. „Häfen", d. s. große Becken aus feuerfestem Ton, die in Schmelzöfen eingestellt werden, oder in unmittelbar mit Vertiefungen versehenen, i. d. R. wirtschaftlicher — namentlich im Hinblicke auf Brennmaterial- und Raumausnutzung — arbeitenden Wannenöfen.

Nachdem die Glasmasse aus ihrem dünnflüssigen, weißglühenden Zustande und nach Fortnahme der auf ihrer Oberfläche schwimmenden, nicht schmelzbaren „Galle" durch „Decken" des Feuers in eine teigartige, zähflüssige Beschaffenheit gelangt ist, findet ihre Verarbeitung statt.

Letztere kann bestehen in:

1. Ausblasen des Glases i. d. R. durch Arbeiter, in neuerer Zeit auch durch Maschinen, namentlich Dampfkraft, entweder für Tafelglas in Form von Hohlzylindern, die dann an einer Seite aufgeschnitten, gestreckt und zu Plattenform ausgewalzt werden, oder in besonderen Formen für die verschiedensten Gebrauchsgegenstände.

---

[1]) Hergestellt von den Sächsischen Glaswerken zu Deuben.

2. Gießen, Walzen und Formen des Glases, unter Umständen unter gleichzeitigem Pressen.

Bei beiden Herstellungsarten ist auf eine sehr langsame und gleichmäßige Kühlung — in besonderen Kühlöfen ausgeführt — besonders zu achten, da hiervon in erster Linie die Festigkeit und Zähigkeit des Glases abhängt.

Glas ist vollkommen durchsichtig, undurchdringlich für Flüssigkeiten und Gase, bequem und vielseitig formbar, dehnt sich wenig bei Temperaturänderungen aus (kubische Ausdehnungszahl 0,000023 i. M.), schmilzt zwischen 800—1400° C, zeigt ein Raumgewicht von rd. 2,6[1]) und ist, namentlich bei höherem Gehalt an Kieselsäure und geringeren Beimengungen an Bleioxyd und Alkali ausreichend hart. Im allgemeinen ist die Oberfläche härter als das Innere der Glasmasse, jede rohe Gußfläche also auch widerstandsfähiger als eine geschliffene. Das gleiche gilt von der Innenfläche des geblasenen Glases gegenüber dessen Außenseite. Die Wetterbeständigkeit richtig zusammengesetzten, kieselsäurereichen Glases ist eine durchaus gute; ein Erblinden und Anlaufen (oft bei Gegenwart von Ammoniakdämpfen) erfolgt meist nur bei stärkerem Gehalt des Glases an Blei und Alkali, namentlich Natronsalzen. Fluorwasserstoffsäure zerstört selbst das festeste Glas und findet zum Ätzen desselben Verwendung. Daneben kann das Mattieren von Glas in ganzer Fläche oder nach Abdecken einzelner Teile des Glases bzw. unter Verwendung von Schablonen auch durch Einwirkung des Sandstrahlgebläses erfolgen. Über die Prüfung des Glases auf Wetterbeständigkeit vgl. weiter unten.

Die hauptsächlichste, den Architekten und Ingenieur angehende Verwendungsart des Glases ist — abgesehen von den schon in Kapitel XXI auf Seite 228—234 behandelten Glasbausteinen — seine Benutzung zu Verglasungen und Oberlichtern.

Nach der Art der Herstellung unterscheidet man hierbei:

1. Das geblasene (Fenster-)Glas. Abgesehen von der, die größere oder geringere Reinheit bezeichnenden, heute nur noch seltener als Unterscheidungs-, mehr als Qualitätsmerkmal herangezogenen Schnittfarbe (vgl. S. 746) benennt man das Glas nach seiner Herkunft als:

Rheinisches Glas, nicht unter 2,0 mm stark, und bis zu 3,0 m Höhe angefertigt, sächsisches Glas, 2—2,5 mm dick, bis 1,60 m hoch, sehr rein, schlesisches Glas, 1,5—2 mm stark.

Zu besseren Fensterverglasungen wird vorwiegend das rheinische Glas, 2, 3 und 4 mm stark, unter der Benennung $^4/_4$, $^6/_4$ und $^8/_4$-Glas verwendet, von denen die stärkste Sorte, meist geschliffen, als Spiegelscheibe Benutzung findet. Die Preise richten sich nicht nach der Flächengröße, sondern nach „addierten cm", d. h. der Summe von Höhe + Breite der Platten (H + B).

Die gewöhnlichen Handelsgrößtmaße sind für H = 2,00—1,65, für B = 1,02 m, jedoch kommen auch ausnahmsweise Abmessungen von H = 3,05, und B = 1,16, d. h. Glasplatten von einer Größefläche = 3,5 qm vor.

Nach Versuchen von Schwering beträgt die Elastizitätszahl des geblasenen Tafelglases bei Biegung rd. 750000 kg/qcm, die Biegefestigkeit 375 kg/qcm. Für die zulässige Beanspruchung empfiehlt sich bei dreifacher Sicherheit die Zahl 125 kg/qcm.

2. Das gegossene Rohglas. Die Herstellung erfolgt durch Aufgießen der rohen, weißglühenden Glasmasse auf vorgewärmte, gehobelte und polierte Metallplatten, und zwar in Stärken von normal 4—30 mm und in besonderen Fällen bis 90 mm. Die

[1]) Hiervon bilden eine Ausnahme die erheblich schwereren Bleigläser, deren Raumgewicht bis 6,3 geht.

für Oberlichter verwendeten Stärken liegen meist zwischen 5 und 12 mm, da die dünneren Platten nicht immer zuverlässig und weniger fest sind, die stärkeren oft durch innere Gußspannungen leiden, welche ein plötzliches Zerspringen der Platten zur Folge haben. Tafeln bis 1,5 qm Größe ($H_{max} \leqq 2{,}70$ m, $B_{max} \leqq 99$ cm) sind als Handelsware zu haben, während die größten Abmessungen 5 . 3 m betragen. Die Elastizitätszahl ist zu rd. 764 000 kg/qcm bestimmt; die Biegefestigkeit nimmt mit zunehmender Stärke („δ") ab:

$\delta =$	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25 mm.
$\sigma =$	360	330	300	280	258	240	214	200	200	200 kg/qcm.

Auch hier reicht eine dreifache Sicherheit bei Wahl der zulässigen Biegungsspannung aus.

Abarten des gegossenen Glases sind:

a) Das Drahtglas. Bei diesem wird um ein dünnes, engmaschiges Gewebe von Eisendraht die glühende Glasflüssigkeit in der Art herumgegossen, daß das Drahtnetz allseitig von der Glasmasse umhüllt ist. Während bei den düunen Platten aus Gründen der Herstellung die Drahteinlage nur in die Mitte der Glasplatte gelegt werden kann, findet sie bei stärkeren Platten nahe einer der Außenflächen ihre Lage. In gleicher Weise wie bei den Verbundbauten hat auch hier die Eiseneinlage die Hauptaufgabe, die Biegefestigkeit des namentlich wenig zugfesten Glases erheblich zu vergrößern; die stärkeren Drahtglasplatten sind deshalb auch stets so zu verlegen, daß das Drahtnetz in der Zugzone, d. h. bei Oberlichtern nach unten zu liegen kommt. Zudem sorgt die Eisenbewehrung der Glasplatten dafür, daß selbst bei plötzlichem Zerspringen, wie es z. B. eintritt, wenn bei einem Brande die Glasplatte vom Wasserstrahl der Spritze getroffen wird, der Zusammenhang der Platte immer noch gewahrt bleibt und nur feine Risse entstehen; hierdurch aber wird dann weiter eine Verqualmung anschließender Räume bzw. ein Eindringen von atmosphärischer Luft zum Herde des Feuers verhindert, worin ein weiterer großer Vorzug des Drahtglases gegenüber dem gewöhnlichen Guß- bzw. geblasenen Glase zu erblicken ist.

Die Biegungsfestigkeit kann zu rd. 500 kg/qcm, die aus ihr sich ergebende zulässige Biegungsspannung zu etwa 170 kg/qcm gerechnet werden; allerdings sei erwähnt, daß bei Erhitzen der Drahtglasplatte die erstere Zahl erheblich herabgeht, und bei 260° C nur noch 214 kg/qcm, bei 400° C nur noch 156 kg/qcm beträgt.

Das Glas wird in Stärken von 7—30 mm, u. U. auch bis 60 mm geliefert. Die üblichen Stärken für Oberlichter sind 7—10 mm. Die Größtabmessungen der Tafeln sind 2,25 qm bei $H_{max} = 2{,}50$ m und $B_{max} = 1{,}00$ m (naturgemäß nicht zusammen!).

Da Drahtglasplatten nachträglich kaum ein Beschneiden gestatten, sind sie in genauer Größe zu bestellen.

Daneben gibt es ein starkes „genarbtes" Drahtglas für Fußbodenplatten, 15—35 mm stark, und in beliebigen Größen bis zu 0,75 m Breite und 1,20 m Länge geliefert, sowie ein solches mit gemusterter, das Licht brechender und undurchsichtiger Oberfläche. Dieses kommt allerdings nur in Stärken von 4—8 mm und einer größten Fläche von 0,75 qm bei 4—5 mm Stärke ($H_{max} = 1{,}50$ m, $B_{max} = 0{,}85$ m) und 1,50 qm Fläche, 6—8 mm stark ($H_{max} = 2{,}00$ m, $B_{max} = 0{,}85$ m) in den Handel,

b) Ornamentglas, ein mit ornamentalem, vertieftem Muster versehenes 3 mm starkes undurchsichtiges Gußglas, wird entweder durch glatte Walzen auf gravierter Unterlage oder umgekehrt, d. h. auf glatter Unterlage und mit gravierten Walzen her-

gestellt. Diese Gläser können bis zu 201 cm Höhe und 69 cm Breite geliefert werden, jedoch empfiehlt es sich im Interesse größerer Haltbarkeit und besseren Aussehens die Abmessungen 1,29 und 0,69 m nicht zu überschreiten.

c) Kathedralglas ist ein 2—3 mm starkes gegossenes Glas, dem man, zur Nachahmung alten fehlerreichen mit Bläschen und Strichen durchsetzten Glases, absichtlich gewisse Mängel verleiht, wie eine geringere Klarheit und Durchsichtigkeit, eine wellige Oberfläche, eine matte, weiche Färbung usw., wodurch sich solche Gläser zu bunten Fenstern, Glasmalereien usw. eignen.

Hierher gehören auch die durch Zusammenschmelzen verschiedenfarbiger und milchiger Gläser gewonnenen, meist farbenprächtigen, durch schönes Farbenspiel ausgezeichneten undurchsichtigen Opaleszenz-Gläser.

d) Spiegelglas, ist ein geschliffenes, besonders fehlerfreies Rohglas von 4—8 mm endgültiger Stärke; die Kante wird oft mit einer „Face" versehen und das Glas alsdann als Facettenglas bezeichnet. Derartige Gläser finden u. a. auch Verwendung zu dem sogen. Elektroglase, bei dem einzelne, meist kleinere, rechteckige, wasserhelle, aber auch in beliebiger Ornamentform geschnittene, bunte Glasscheiben durch ein zwischengefügtes Sprossenwerk aus dünnen Kupferstreifen dadurch zusammengefaßt werden, daß man das Ganze in ein Kupfersalzbad bringt und auf den Sprossen elektrolytisch Kupfer niederschlägt, sodaß feste, zusammenhängende Glasscheiben entstehen. Diese haben sich als sehr widerstandsfähig gegenüber Schadenfeuern erwiesen, sodaß Elektroglas als feuerfeste Verglasung für Brandmauertüren, in Warenhäusern usw. zugelassen ist.

3. Preßhartglas. Die auf richtiges Maß zugeschnittenen Gußtafeln werden zunächst wieder bis zum völligen Erweichen erhitzt, alsdann auf eine gußeiserne Bodenplatte gebracht und während des Erkaltens durch eine entsprechende obere Eisenplatte belastet, d. h. gepreßt. Obwohl die Widerstandsfähigkeit solcher Glasplatten gegen Stoß, Zug und Druck sehr groß ist, auch die Biegefestigkeit zu rd. 1000 kg/qcm angenommen werden kann, daneben auch größte Flächenmaße von $1{,}3 \times 0{,}9$ m bei Stärken von 2—25 mm erzielt wurden, haben sich die Platten doch nicht erheblich einzubürgern vermocht, weil sie — abgesehen von ihrem höheren Preise — nicht allzu selten ohne besonderen Grund zersprungen sind

Vergleicht man die — ausgenommen das Drahtglas — hauptsächlich zu Oberlichtern verwendeten beiden Glasarten, das geblasene und das gegossene Glas miteinander, so ergibt sich, daß das erstere meist fester und gegen Hagel widerstandsfähiger ist als das letztere, aber nur in verhältnismäßig kleinen Abmessungen, zu haben ist. In dieser Hinsicht sind die Rohglastafeln vorzuziehen, wenn auch für ihre größte Länge im wirtschaftlichen Sinne dadurch eine Grenze gesetzt ist, daß erfahrungsgemäß bei Glasplatten bis zu 1,00 m Größtabmessung die jährlich zu ersetzenden Oberlicht-Glasplatten den Längen dieser, darüber hinaus aber dem Quadrat der Länge proportional sind. Es liegt auf der Hand, daß die letzteren Nachteile dem sehr viel bruchsicheren Drahtglase nicht anhaften, daß letzterem also im allgemeinen der Vorzug gebührt, um so mehr als die hier verwendbaren recht erheblichen Plattengrößen die Anzahl der Fugen im Dache verringern und durch die Weitlage der stützenden Sprossen und die große Entfernung der Stoßfugen auch die das Licht nehmenden, also verdunkelnden Flächenteile auf ein Mindestmaß beschränken.

Als Fehler des Glases kommen vor:

1. Eine unrichtige Zusammensetzung, indem zuviel Kalk, Alkali oder Bleioxyd ein

Erblinden bewirkt, Manganbeimengungen bei Sonnenbestrahlung ein Verfärben bedingen können u. dgl.

2. Fehlerhafte Schmelze, insbesondere das Verbleiben ungelöster Quarzkörnchen im Glase, ferner Bläschen, meist das Zeichen nicht genügender Hitze bei Beginn des Schmelzens, weiter unregelmäßige Stellen — Schlieren — mit anderer Lichtbrechung usf.

3. Unvollkommene Kühlung, vor allem feine Haarrisse (Kaltrisse), die bei leichtem Aufschlagen mit einem Hammer sich schnell, zackig verlaufend, vergrößern, ferner windschiefe Formen, rauchige Stellen auf dem Glase, durch Staubansatz während des Abkühlens hervorgerufen u. a. m.

Während die rein mechanischen Fehler leicht bei genauer Abnahme der Glasplatten festzustellen sind, wird die Wetterbeständigkeit des Glases vorwiegend durch chemische Reagenzien geprüft. Dies geschieht — am einfachsten — entweder durch Kochen eines Glasstückes in konzentrierter Schwefelsäure bzw. in Königswasser, oder durch Erhitzen in einem Bette von Eisenvitriol, genauer dadurch, daß man die Gläser den Dämpfen rauchender Salzsäure während 24 Stunden aussetzt und die mit fein verteilter Säure bedeckten Proben darauf einen Tag lang in einem abgeschlossenen Raume aufbewahrt. Bei diesen Proben darf kein Erblinden oder Rauhwerden des Glases eintreten bzw. bei der Salzsäureprobe keine Anlaufhaut auf der Glasoberfläche sich zeigen.

Eine gute Kühlung des Glases ist durch den Polarisationsapparat zu kontrollieren, indem gut gekühlte Gläser in ihm das Licht nicht zersetzen.

Endlich seien anschließend noch Glasmosaiken, sowie die ihnen nahestehende „Musiv"-Verglasung[1]) erwähnt; letztere besteht in einer dekorativen Ausschmückung von Außen- und Innenflächen durch gemalte oder naturfarbige Kathedral- und Opaleszenzgläser, verlegt in Gips, Kalk oder Zement. Hierbei werden die einfarbigen Glasstücke oder getönten Gläser einfach hintermalt, alsdann durch einen Deckgrund gegen das Durchdringen schädlicher Stoffe aus der Mauer gesichert und zusammenhängend unmittelbar in den Putzgrund eingelassen; nur Opaleszenzgläser werden hierbei ohne jegliche Behandlung in die Putzfläche eingefügt. Eine gleichartige, in künstlerischer Beziehung allerdings erheblich gesteigerte Wirkung verfolgen auch die Lindemannschen Tillrén-Platten[2]), d. h. Dekorationstafeln aus bemaltem Doppelglas für auffallendes Licht, die zur Herstellung von Wandfüllungen, Friesen, Deckenschmuck, als Einlagen in Möbel usw. eine sehr vielseitige Anwendung finden können. Sie bestehen i. d. R. aus künstlerisch behandelten Kathedral-Glastafeln, die mit stilisiertem Pflanzenwerk usw. derart bemalt sind, daß die Umrisse kräftig hervortreten, die Formen selbst aber bald mit zarten, bald mit kräftigen Farben ausgefüllt werden; auch hier wird die bemalte Fläche der Wandseite zugekehrt, wodurch eine gute Haltbarkeit der Malerei verbürgt erscheint, und eine undurchdringliche Unterlage unter den Glasplatten angeordnet.

§ 106. Anstriche, Farben und Lacke.

Wegen der für Eisenkonstruktionen verwendeten Anstriche, deren Eigenschaften und Aufbringung sei auf die ausführlichen Darlegungen in § 87 S. 549—554, sowie auf die

[1]) Hergestellt von A. Fischer, Dresden-A. DRGM.

[2]) Hergestellt von Frau Prof. Lindemann, München.

Nachträge in Anm.[1]) verwiesen. In letzterer ist auch ein Beispiel dafür gegeben, in welcher Art Farben und Farbanstriche in technischer Hinsicht in den Material-Prüfungsanstalten geprüft werden.

Im Hinblicke auf § 87 sei demgemäß hier nur auf die Anstriche von Putz-, Stein- und Holzflächen genauer eingegangen.

Im allgemeinen sind diese Anstriche, bestehend aus einem Bindemittel und einem Farbstoffe —, gute Rohstoffe und richtige Verarbeitung vorausgesetzt — um so dauerhafter, je dünner und gleichmäßiger der Auftrag mit dem Pinsel erfolgt, wobei stärkere Anstriche durch wiederholte dünnere auf die vorher vollkommen getrockneten zu erzielen sind. Hierbei sind die Streichrichtungen so zu wählen, daß bei Holz die letzten Anstriche mit

---

[1]) Im § 87 sind als Eisenschutz behandelt die Anstriche mit: Ölfarben im allgemeinen, namentlich Blei- und Zinkweißfarben, ferner Rathjens Patent-Komposition, Bessemerfarbe, Schuppenpanzerfarbe, Hansa-Komposition, Nautonfarbe, Siederosthen-Lubrose, Ferrubron, Zoncafarbe, Durabofarbe, Inertol, Danboline, Münchs Dauerfarbe, die Porzellan-Email-Farbe von Rosenzweig, Crudol, Indurin, Teeranstrich usw. Zu den dort gegebenen Erläuterungen seien als Nachtrag noch erwähnt:

Rubol — hergestellt von der Ruberoid-Gesellschaft (Hamburg) — ein Schutzanstrich für Eisen, ebensowohl wie für Zement- und Mauerwerk über und unter der Erde. Die streichfertig gelieferte und kaltflüssig verarbeitete Farbe stellt einen glasurartigen, tiefschwarzen Überzug dar, der dauernd luft- und feuchtigkeitsdicht, sowie vollkommen wetterbeständig ist; auch widersteht Rubol bestens den Angriffen von Säuren, Laugen und aggressivem Wasser und trocknet in etwa 12 Stunden. Für Eisen genügen zum Anstriche von 10 qm 1 kg Farbe, für Betonflächen und Mauerwerk die doppelte Menge.

Hetzels Rubber Paint (vgl. auch S. 725) von C. Schilling, Mannheim, eine sehr elastische, schnell trocknende, wetterbeständige, giftfreie Rostschutzfarbe, die auch bestens heißem, fließendem Wasser und Dampf zu widerstehen vermag.

Riessolin-Oxyd der Dessauer Rostschutzwerke, für Eisenbauten bestens empfohlen.

Meißner Farben (von den Farbwerken R. Meißner, Heidenau bei Dresden). Die allen Anforderungen entsprechenden, nach den bisherigen Untersuchungen und den Ergebnissen einer vielseitigen Verwendung in der Praxis bestens bewährten Farbanstriche, geeignet in gleicher Weise für Eisen, wie für Holz, Putzflächen usw. werden in verschiedener Form: als Paste und dünn, d. h. streichfähig, daneben in jeder beliebigen, hellen und dunklen Farbstellung geliefert. Über die Prüfung dieser Farben, ausgeführt von dem Kgl. Material-Prüfungsamte zu Groß-Lichterfelde-West, geben die nachstehenden Mitteilungen Auskunft, wie oben erwähnt, als Beispiel für die Art und Ausdehnung solcher Untersuchungen hier angefügt.

Geprüft wurden neben dem weiter unten besonders behandelten Eisenüberzugsöl die als Nr. 12 (bzw. 9) und 1 bezeichneten hellbraunen bzw. rotbraunen Anstrichmassen, die streichfertig von der Firma geliefert wurden. Es sollte bestimmt werden die Deckkraft, der Farbaufwand, die Trockenfähigkeit, die Elastizität der getrockneten Anstriche, das Verhalten gegen Witterungseinflüsse, gegen Erhitzen auf dem Wärmebade, endlich gegen Sonnenbestrahlung. Zur Herstellung der Streichproben wurden Eisen- bzw. Zinkbleche von 0,5 mm Stärke verwendet, die das Prüfungsamt lieferte.

Um die Deckkraft zu bestimmen, wurden auf quadratische Zink- (Farbe 12) und Eisenbleche (Farbe 1) von 50 . 50 cm Kantenlänge je 3 Streifen von 5 cm Breite mit gewöhnlicher schwarzer Ölfarbe gezogen, nach deren Trocknung die Bleche mit den zu untersuchenden Farben so oft gestrichen wurden, bis die schwarze Farbe nicht mehr durchschien, der hierzu notwendige Farbaufwand wurde durch die Ermittelung der Gewichtszunahme festgestellt. Die Streicharbeit wurde von geübten Malern ausgeführt, denen es überlassen war, die Farbmenge nach eigenem Ermessen aufzutragen. Nach Aufbringen des ersten Anstriches schienen die schwarzen Streifen noch deutlich durch und zwar auf dem Eisenblech weniger als auf dem Zinkblech, wie das ja aus der für letzteres verwendeten hellen Farbtönung gegenüber dem dunkleren Anstriche auf dem Eisen auch erklärlich sein dürfte. Der zweite Anstrich deckte hingegen vollkommen. Der Farbaufwand betrug bei Anstrich 12: 105 g/qm, bei 1: 112 g/qm. Bezüglich der Deckkraft wurden in gleicher Weise mit Eisenblech, dann mit Trägerstücken noch recht beachtenswerte Vergleichsversuche mit Bleimennigeölfarbe und Bleiweißölfarbe durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden beiden Zu-

den Fasern gleichlaufenden Pinselstrichen, bei Decken nach den Fenstern hin gerichtet sind.

Der Zweck der Anstriche kann ein mehrfacher sein und bestimmt deshalb i. d. R. die Art der zu wählenden Farbe. Hier kommt in Frage ein Schutz der anzustreichenden Flächen gegen Feuchtigkeit, gegen atmosphärische Einflüsse u. dgl., die Erzielung mehr oder weniger vollkommen glatter Flächen, die Farbgebung als solche u. a. m. Je nachdem der Anstrich das Material vollkommen decken bzw. seine Struktur, unter Umständen auch Farbe noch nachträglich erkennen lassen soll, unterscheidet man Deck- und Lasurfarben; zu den letzteren gehören auch in gewissem Sinne die für Holz benutzten Beizen, welche die Eigenart der Holzart auch nach dem Überstreichen noch erhalten. Bei den

sammenstellungen wiedergegeben; bemerkenswert erscheint der sehr erheblich geringe Farbverbrauch der Meißnerschen Grundfarbe Nr. 1.

I. Vergleichsversuch mit Eisenblech-Anstrichen.

Anstrichmasse	Farbaufwand in g/qm für		Bemerkungen
	1 Anstrich	2 Anstriche	
Farbe 1 rotbraun (Grundanstrich)	44	—	Der erste Anstrich deckt völlig.
Farbe 9 dunkeliggrau (Deckanstrich)	—	96	Der erste Anstrich deckt die schwarzen Streifen gut; der Farbton des Bleches scheint noch stark durch, der zweite Anstrich deckt völlig.
Bleimennigeölfarbe	—	252	Beim ersten Anstrich werden die schwarzen Streifen ziemlich gedeckt, nicht der Farbton des Bleches. Der zweite Anstrich deckte vollkommen.
Bleiweißölfarbe	48	—	Der erste Anstrich deckt völlig.

II. Vergleichsversuch mit Trägerstücken.

Verwendet wurden hierbei I-Träger Norm.-Profil Nr. 50 von je 150 cm Länge; vor dem Auftragen der Farben wurden alle Streichflächen mittelst Drahtbürsten gereinigt und durch Staubbürsten von dem anhaftenden Staube befreit. Neue Anstriche wurden nach dreitägigem Trocknen aufgebracht. Die in der Zusammenstellung angegebenen Zahlenwerte stellen die Mittel aus je 2 Versuchen dar.

Anstrichmasse	Farbaufwand in g/qm bei Anstrich			Gesamtfarbaufwand in g/qm für Anstriche		Bemerkungen
	1	2	3	2	3	
Farbe 1 rotbraun (Grundanstrich)	78	80	—	158	—	Der erste Anstrich deckt bereits.
Farbe 9 dunkelgrau (Deckanstrich)	75	65	65	—	205	Die Farbe dunkelt nach dem Anstriche nach.
Bleimennigeölfarbe (Grundanstrich)	150	167	—	317	—	Der zweite Anstrich deckt noch nicht vollkommen.
Bleiweißölfarben (Deckanstrich)	24	68	68	—	210	—

Auch wurde festgestellt, daß mit 1 kg streichfertiger Meißnerscher Farbe sich 12—20 qm Anstrichfläche in bester Weise mit einem vollkommen glatten Farbüberzuge versehen lassen und daß der Grundanstrich, soweit die Versuche bisher ausgedehnt worden sind, d. h. über zwei Jahre hinaus, ohne Deckanstrich einen wirksamen Schutz für die

Deckfarben kommen u. U. auch besondere Grund- und die auf ihnen erst aufgebrachten, eigentlichen Deckfarben in Frage.

Die verwendeten Farben sind vorwiegend natürlicher Art, „Erdfarben", oder auf chemischem Wege erzeugte. Zu den ersteren gehören:

Kreide-Weiß — vorwiegend Grundfarbe für Leimanstrich —, Baryt-Weiß (nicht geeignet für Ölanstriche), Ocker-Gelb und -Braun mit ihren Abarten Terra-Sienna, einer besonders schönen Lasurfarbe, und Umbra, ferner Ocker-Rot (oder gebrannter Ocker), Ultramarinblau, Kobaltblau, grüne Venezianerde, Veroneser-Grün (ein wasserhaltiges Eisensilikat), Van Dyck- oder Casseler-Braun (eine erdige Braunkohle mit Eisenoxyd), verblassend, schlecht trocknend, Asphaltbraun (nur für Ölfarben geeignet, aber auch hier

---

Eisenflächen gegenüber dem Einflusse der Witterung und einer Rostbildung abgegeben hat, sowie daß er einen dauernd klebfreien Untergrund liefert.

Zum Zwecke der Prüfung der Farben auf ihre Trockenfähigkeit wurden Streifen schwach geleimten Papieres an einmal und zweimal gestrichenem Bleche von 20 × 20 cm nach verschiedener Trockendauer so oft angedrückt, bis keine Farbe mehr an dem Papier haftete. Es ergab sich eine Trocknungszeit für

Farbe 12: bei einem einmaligen Anstriche von 15, bei zweimaligem von 14
„ 1: „ „ „ „ „ 15½, „ „ „ 15½ } Stunden.

Der Anstrich genügt also vollkommen der Forderung, die im allgemeinen von den Verwaltungen gestellt wird, daß die Farbe derart trocknen soll, daß 24 Stunden nach beendetem Anstriche kein Regen ihr mehr Schaden zufügen kann.

Zur Feststellung der Elastizität der Anstriche wurden 20 Blechstreifen von 3.25 cm Kantenlänge zweimal einseitig gestrichen und zunächst im Zimmer aufbewahrt; je 5 Streifen wurden, nach 8 Tagen, 3, 6 und 12 Monaten an einem Ende beginnend um Dornen vom Durchmesser von 2 und 0,3 cm gewickelt, wobei die Krümmungsstellen auf Einreißen und Abblättern des Anstriches untersucht wurden. Während bei Farbe Nr. 12 nach zwölf Monaten ein ganz geringfügiges Abblättern bei d = 0,3 cm eintrat, zeigte sich der Anstrich Nr. 1 dauernd vollkommen rissefrei; keine der Proben zeigte auch nur den Beginn eines Abblätterns.

Um die Einwirkung der Witterungseinflüsse auf die Farbhaut zu bestimmen, wurden Bleche, 8 × 40, cm beiderseitig zweimal gestrichen, gruppenweise aber in festen Abständen von je 5 cm auf 2 Glasrohre aufgezogen und auf dem Dache des Prüfungsamtes frei aufgehängt. Nach Ablauf von 3, 6, 12 und 24 Monaten wurden die Proben beobachtet und beurteilt. Es ergab sich, daß Farbe 12 nach einem Vierteljahre sehr wenig nachgedunkelt war, erst nach 12 Monaten sich einige Regenflecke gebildet hatten, nach 2 Jahren eine weitere geringe Nachdunkelung eingetreten war, sonst aber keine irgend nennenswerten Veränderungen sich zeigten. Das gleiche gilt von Farbe 1. Nirgends wurden im besonderen — auch nach 24 Monaten — Spuren einer Rostbildung wahrgenommen.

Zur Prüfung durch Erhitzen auf dem Wärmebade wurden Bleche von 20.20 cm Abmessung an ihren vier Rändern hochgebogen und die somit gebildeten Blechkästen auf ihrer Innenseite mit 2 Anstrichen versehen; von ihnen wurden je 2 gleichartige Proben im Alter von 14 Tagen, 3 und 6 Monaten nach dem Anstriche auf Wärmebädern von Wasser, Öl und Salpeter so hoch erhitzt, bis die unverletzte Farbschicht auf dem Boden des Kastens sich aufblähte oder sonstige Anzeichen der Zerstörung zeigte. Bis zu Temperaturen von 100° C wurde Wasser, bis 300° C Öl, bis 455° C Salpeter benutzt. Es zeigte sich, daß bei Farbe 12 in der angegebenen Zeitfolge erst bei 315—380° C ein Abblättern bzw. bei 335—347° C bzw. bei 325—330° C beginnt, während für den Anstrich 1 die entsprechenden Zahlen 420° C, bzw. 383° C, bzw. 328—330° C sind, hier auch das Abblättern zunächst nur an einigen stecknadelkopfgroßen Stellen anfängt. Es haben sich also beide Anstriche (12 u. 1) in sehr hohem Grade als wärmebeständig erwiesen. Zum Zwecke der Erforschung des Verhaltens der Farben gegenüber der Sonnenbestrahlung endlich wurden gestrichene Platten sowohl im Freien aufgehängt, als auch im Zimmer dem Sonnenlichte ausgesetzt. Im ersteren Falle wurden 30.30 cm große Bleche bei trockenem, klarem Wetter zweimal zweiseitig im Freien gestrichen und

wenig günstig wegen des schweren Trocknens und leichten Reißens), Graphit- und Ruß-Schwarz usw.

Von chemischen Farben haben für Anstriche eine größere oder geringere Bedeutung: Blei- und Zinkweiß, Chrom- und Kadmiumgelb (von letzterem auch Orange), rotes Eisenoxyd (Indischrot, Caput mortuum, Kolkothar, Pompejanisch-Rot u. a. m.), Zinnober (sehr giftig), Chromrot, Carmin-Krapp (jetzt fast nur noch künstlich hergestellt), Berliner oder Preußisches Blau (Eisencyanid), Kobalt- + Aluminiumoxyd (Kobaltblau), künstliches Ultramarin und Indigo, grüner Zinnober (Mischfarbe aus Blau und Gelb), grüne Kobalt- und Zinkverbindungen, Bein- (Braun u.) -Schwarz aus Knochenkohle, Korkschwarz, Lampenschwarz, Frankfurterschwarz (aus feinem Ruß) usf.

Als Bindemittel dieser — in besonderen Fällen auch noch mancher anderen Farben und Mischungen aus ihnen — kommen in Frage: 1. Leim, 2. Öle, 3. Lacke, 4. Wachs, 5. Kalk und Kasein, 6. Silikate, namentlich Wasserglas.

1. Leimfarben-Anstriche. Die Anstriche, die nur auf trockenen und dauernd vor Feuchtigkeit geschützten Wänden aufgetragen werden können, bestehen im allgemeinen aus mit Wasser angerührter Schlämmkreide und Farbzumischungen. Der Leim ist, je nach seiner Herkunft, ein Knochen-, Leder- oder Pflanzenleim vielfach auch eine Mischung verschiedener Leimsorten mit besonderen chemischen Zusätzen.

Ein gleichmäßiges Trocknen der Farbe wird durch einen einmaligen Grundanstrich mit einer Seifen- oder Alaun-Lösung gesichert, auch ist ein Abschlämmen der Putzfläche mit Kalkmilch gut, wenn auch nicht unbedingt erforderlich[1]).

auf Holzgestellen so aufgehängt, daß alle Bleche — die eine Seite nach Süden gerichtet — frei von der Sonne bestrahlt wurden, während im zweiten Fall von den zur Bestimmung der Trockenzeit benutzten Tafeln je 3 Stück im Zimmer so aufbewahrt wurden, daß sie der Wirkung des Sonnenlichtes möglichst ausgesetzt waren; auch wurden je zwei Tafeln im Dunkeln gelagert, um etwaige Veränderungen hierdurch zu bestimmen. Auch hier bezog sich die Beobachtung der Anstriche auf die Zeiträume von 6, 12 und 24 Monaten. Während bei Farbe 12 auch nach 2 Jahren nur eine geringe Nachdunkelung eingetreten war, Ansätze von Staub aber leicht und ohne irgendwelche Beeinträchtigung der Farbe in dieser Zeit durch Abwaschen zu beseitigen waren, auch keinerlei Rostspuren sich zeigten, wies die Grundierungsfarbe 1 ein geringes Verbleichen an der Sonnenseite und nach 24 Monaten wenige kleine Rostflecken auf. Bei der Prüfung im Zimmer, und zwar sowohl im Sonnenlichte als auch im Dunkeln ließen sich — selbst nach 2 Jahren — keinerlei Veränderungen irgend erheblicher Art bei beiden Anstrichen erkennen.

Neben den vorgenannten Eisenanstrichfarben stellen die Heidenauer Farbwerke noch ein besonderes „Eisenüberzugsöl" her, welches für Anstriche solcher Eisenteile verwendet werden soll, die in trockenen Räumen lagern, dabei aber einen möglichst farblosen Anstrich benötigen, um vor dem Ansetzen von Rost geschützt zu sein; auch auf dieses Öl haben sich die Untersuchungen des Lichterfelder Materialprüfungsamtes erstreckt.

Sie erwiesen, daß dieses Schutzmittel allen zu stellenden Anforderungen durchaus entspricht. Im besonderen wurde ein Materialverbrauch für 2 Anstriche von zusammen nur 25 g/qm festgestellt, die Trockenzeit zu 15 Stunden bestimmt und die Elastizität als bedeutend gefunden; bei der vorerwähnten Biegeprobe über Dorne bis zu 0,3 cm ⌀ blieben alle Proben rissefrei; auch trat nirgends ein Abblättern des Anstriches auf. Die Hitzebeständigkeit konnte bis zu 400° C nachgewiesen werden; bei 190° C wurden die blanken Stahlbleche, auf die das Öl aufgestrichen war, messingfarbig; bei 220° C wurde der Anstrich weich, bei 260° C aber allmählich wieder fest; noch höhere Temperaturen bedingten eine dunklere Verfärbung, und erst bei 400° C fing das Abblättern an. Auch hat im Zimmer unter Sonnenbestrahlung, wie im Dunkeln, selbst nach 24 Monaten das Eisenüberzugsöl sich bestens gehalten und nur ein sehr geringes Nachdunkeln gezeigt. Rostflecken wurden nicht gefunden.

[1]) Die Güte des zu verwendenden Leimes wird dadurch geprüft, daß man die Leimtafel, die gleichmäßig gefärbt, hell und durchscheinend sein soll, zur Hälfte in kaltes Wasser hängt. Hierbei soll das eingetauchte Stück gallertartig auf die 2—3fache Dicke aufquellen, sich aber nicht auflösen.

Hierher gehören auch Anstriche für rauhes, ungehobeltes, der Witterung ausgesetztes Holz. Zu nennen sind: a) Der sogen. Schwedische Anstrich, besteht aus Schlämmkreide, Roggenmehlkleister, Häringslake und etwas Ocker; b) der Finnische Anstrich, aus Kleister (wie bei a), Kolophonium, Tran, Zinkvitriol und beliebiger Erdfarbe.

2. Ölfarben-Anstriche. Als Öl finden nur pflanzliche, schnell trocknende Öle, vorwiegend Leinöl, Verwendung, da dieses die Fähigkeit besitzt, durch Oxydation unter Einwirkung der atmosphärischen Luft schnell zu trocknen und ausreichend zu erhärten.

Wird Leinöl lange gekocht, so vergrößert sich seine Fähigkeit, schnell zu oxydieren und gut zu erhärten — Sikkativ[1]); werden ihm hierbei geringe Mengen von Bleiglätte, Mennige oder Braunstein zugesetzt, so entsteht der durch besonders gute Verharzung ausgezeichnete Leinölfirnis.

Neben Leinöl wird auch Terpentinöl (aus dem Kiefernholz gewonnen), namentlich als Zusatz zum Verdünnen der Ölfarben (auch zu Lacken und Firnissen) verwendet, und zwar nach erfolgter Destillation und Reinigung durch Dampf unter Zusatz von Ätzkalk; auch dieses so vorbereitete Öl erhärtet gut an der Luft durch Oxydation.

Für den Anstrich von Putzflächen findet i. d. R. eine Ölfarbe Verwendung, welche aus Leinölfirnis und Farbstoff besteht. Letzterer ist meist aus 65 v. H. Bleiweiß, das den eigentlichen Farbkörper bildet und mit dem Firnis eine gute feste Verbindung eingeht, und 35 v. H. Farbe gebildet; nur bei dunklen Farben wird Bleiweiß durch feingemahlenen Graphit ersetzt.

Gewöhnliche, in Kalk geputzte Flächen werden nicht geschlämmt, sondern ein- bis zweimal vor Anbringung des Anstriches mit Leinölfirnis getränkt und hierauf mit einem zwei- bis dreimaligen Ölfarbanstriche versehen; zum ersten von ihnen kann, um der Farbe mehr Körper zu geben, etwas Schlämmkreide zugefügt werden.

Auf frischem Zementputz hält ohne besondere Vorkehrungen kein Ölfarbenanstrich; man muß deshalb die Zementputzfläche sich selbst während einer Zeitdauer von zweckmäßig zwei Jahren überlassen, damit der im Zement enthaltene, die Farbe zerstörende Ätzkalk vollkommen in kohlensauren Kalk übergeführt wird, oder die Putzfläche durch besondere geeignete Anstriche behandeln. Als solche wirken günstig die verschiedenartigen Steinhärtungsmittel, namentlich das schon früher (S. 90) erwähnte Mittel Testatin[2]), sowie die Keßlerschen Fluate (S. 90)[3]) und die schon auf S. 659 genannten Grundanstriche mit Bontri, Lapidurit, Preolit u. a. m., denen sich noch Aphrodin[4]) anschließt.

---

[1]) Wenn auch das Erhitzen des Leinöles von Vorteil ist, so unterbleibt es doch meist wegen der höheren Kosten, namentlich bei den Grundanstrichen, da heißes Öl in größerer Menge in die Poren des Putzes eindringt.

[2]) Das von der Firma Hartmann und Hauers in Hannover hergestellte Schutzmittel verhindert zugleich das Auftreten der störenden Trockenrisse im Zementputz und gestattet, da es die zersetzende Wirkung des Kalkes im Zement aufhebt, einen sehr baldigen Ölfarbenanstrich.

[3]) Hier kommt namentlich das sog. „Baufluat" in Frage. Nach genügender Trocknung des Zementputzes tränkt man ihn mit einer Baufluatlösung in gleichem Teil Wasser und wiederholt nach 20—24 Stunden den Anstrich mit unverdünntem Fluat; i. d. R. reichen 2—3 Anstriche aus, um die beabsichtigte Wirkung zu erzielen, d. h. die getrocknete Zementfläche zunächst sauer reagieren zu lassen. Hat man sich hiervon z. B. durch eine Lackmuspapierreaktion überzeugt, ist also die schädliche Kalkwirkung beseitigt, so wird die Oberfläche mit klarem Wasser solange gewaschen, bis das abfließende Wasser keinen Fluatgeschmack mehr besitzt. Man läßt hierauf die Fläche abtrocknen und kann nunmehr sofort mit dem Ölfarbenanstriche beginnen.

[4]) Das von der Schrammschen Lack- und Farbenfabriken zu Offenbach am Main hergestellte Schutzmittel (D.R.P. 94950) macht die Zementalkalien wirkungslos und erhöht die Festigkeit der Putzschicht.

Vor Anbringung der Ölfarbenanstriche auf Holz ist nach Verkittung aller Fugen und Bestreichen der Harz- und Aststellen mittelst einer Schellacklösung eine — wenn möglich heiße — Tränkung mit Leinöl vorzunehmen. Um den Ölfarbenanstrich glänzender und haltbarer zu machen, erfolgt ein letzter Überstrich mit Lack, und zwar mit Kopallack auf farbigem, Damarlack auf weißem Ölanstrich.

3. Lackfarben-Anstriche. Diese meist stark glänzenden, emailleartigen Anstriche zeigen als Bindemittel die Lösung von i. d. R. Naturharzen, wie Bernstein-, Kopal-, Damar-, Schellack, auch Asphalt in Terpentinöl, mit und ohne Leinölzusatz oder in Spiritus. Die Lackfarben liefern harte, feste Anstriche, die der Feuchtigkeit und einer nicht allzu großen Erwärmung bestens widerstehen. Hierher gehören die schon auf S. 553 erwähnten abwaschbaren Emaille-Farben[1]), sowie Sondererzeugnisse wie Thermon[2]), die Öl-Lack-Dauerfarben von Dr. Münch-Berlin[3]), Crudol[4]) u. a. m.

Eine besondere Art der Lackfarben stellen die Lasurfarben dar, die vielfach

---

[1]) Hier kommen z. B. die Porzellan-Emaillefarben von Rosenzweig & Baumann in Cassel in Frage, die als säurefest in Maschinen- u. Akkumulatorenräumen usw. angewendet werden können, auch wegen ihrer hervorragenden Desinfektionskraft sich für alle öffentlichen Baulichkeiten gut eignen.

In welcher Weise einerseits die zu streichende Fläche beschaffen sein muß, und auf ihr dann der Farbanstrich ausgeführt wird, und wie andererseits der Nachweis einer desinfizierenden Wirkung eines Farbanstriches erbracht wird, möge aus den beiden folgenden Mitteilungen a und b entnommen werden:

a) Die Emaillefarbe kann auf neues, rohes, ungetünchtes Mauerwerk gestrichen werden, wenn die verbindenden Fugen gut ausgetrocknet sind, auf Zementputz nur dann, nachdem derselbe ein Jahr lang gestanden hat. Sollten es die Umstände erfordern, daß frische Zementwände noch vor Jahresfrist gestrichen werden müssen, dann empfiehlt es sich, die Flächen vorher mit verdünnter Schwefelsäure (10 Teile Wasser, 1 Teil Schwefelsäure) abzuwaschen. Auch auf Kalkanstrich kann die Farbe angewendet werden, jedoch ist es nötig, etwa lose sitzende Teile vorher durch Abreiben mit einem groben, trocknen Tuche zu entfernen, damit nicht etwa mit den sich loslösenden Kalkstückchen die Farbe abbröckelt. Auf alten Ölfarbenanstrich läßt sich die Emaillierung unmittelber aufbringen und ist es auch hier nur notwendig, denselben zuvor mit einem Tuche abzureiben. Der beste Untergrund für die Farbe ist der gut abgeschliffene, vollständig trockene Kalkmörtel-, oder Gipsputz sowie die ausgefugte Backsteinmauer.

Die vorher mit einem bis zum Boden des Gefässes reichenden Stocke gut aufgerührte Farbe wird mittelst eines Borstenpinsels gleichmäßig aufgetragen und zwar ist möglichst wenig Farbe in den Pinsel zu nehmen und dieser jedesmal recht gut auszustreichen.

Sodann läßt man diesen Anstrich drei Tage stehen, wiederholt denselben und streicht nach weiteren drei Tagen zum dritten Male.

Man bedarf also zur Herstellung einer haltbaren Emaillierung neun Tage; hierbei sind für 10 qm zum dreimaligen Anstriche rd. 3,5 kg nötig.

Ein Grundieren der Wände mit einer Mischung von bestem Leinölfirnis mit Zinkweißölfarbe zu gleichen Teilen ist bei porösen Flächen ratsam, weil dadurch der nachherige Verbrauch der Farbe vermindert wird.

b) Die Farben werden auf Ton- und Holzplatten und bei einigen Versuchen auf Blech- und Glasplatten aufgestrichen und nach 4- bis 6tägigem Trocknen mit verschiedenen Bakterienarten infiziert. Als solche werden i. d. R. Cholera-, Diphtherie-, Typhus-, Milzbrandbazillen, Staphylokokken und Streptokokken gewählt. Ein Teil der Platten wird bei Licht, der andere im Dunkeln bei Zimmertemperatur aufbewahrt. In bestimmten Zwischenräumen, nach Stunden und Tagen, werden gleichgroße Mengen des Aufstriches abgekratzt und auf Nährböden verimpft; hierdurch wird versucht, die keimtötende Kraft der verschiedenen Farben festzustellen.

[2]) Hergestellt von Rosenzweig & Baumann, Cassel, vorwiegend für Heizkörper.

[3]) Die Farben sind mit Öllack hergestellt und werden je nach dem Verwendungszwecke geliefert. Vor dem Anstriche empfiehlt sich bei Holz eine Grundierung mit heißem Firnis, bei Putz mit einer Mischung aus 2 Firnis, 1 Terpentinöl und 1 Lack-Dauerfarbe.

[4]) Hergestellt von O. Fritze & Cie. in Offenbach a. M., eine für Heizkörper vielfach verwendete in allen Farbtönen gelieferte Farbe.

für Holzanstriche auf vorangehender Grundierung mittelst Firnis verwendet werden und bei ihrer Durchsichtigkeit die Maserung des Holzes bestens erkennen lassen.

4. Wachsfarben-Anstriche. Bei diesen, und zwar den Wachsölfarben, findet als Bindemittel eine Auflösung von Wachs in gut trocknendem Lein- und Terpentinöl Verwendung, während bei Wachsleimfarben der Bindestoff aus Wachs und gekochtem Leim oder einem Zusatz von in Terpentinöl aufgelöstem Wachs zur normalen Leimmischung besteht. Durch das Wachs erhält der sich nur für Innenräume eignende Anstrich einen matten Glanz, dessen Stärke durch den größeren oder geringeren Gehalt an Leinöl beeinflußt werden kann. Durch Abreiben der gestrichenen Flächen mit wollenen Lappen wird ein besonders matter Glanz erzielt.

Die nicht nachdunkelnden Wachsfarbanstriche werden in der Kälte spröde.

5. Kalk- und Kaseinfarben-Anstriche. Dem Aufbringen der Kalkfarbanstriche geht zunächst ein Schlämmen der Putzflächen, d. h. ein Überstreichen mit dünnflüssiger Kalkmilch voraus, und zwar zum Zwecke der Beseitigung und Ausfüllung der Unebenheiten und Poren. Um die farbenzerstörende Wirkung des Ätzkalkes zu beseitigen, folgt auf die Grundierung ein Anstrich mit Seifensiederlauge, dem etwas Alaun oder Borsäure zugesetzt wird; hierauf folgt dann der durch zwei- bis dreimaliges Überstreichen aufzubringende Deckanstrich, aus Kalkmilch und Farbzusatz bestehend. Für letztere sind nur Erd- oder Metallfarben[1]) zulässig, da andere, z. B. Anilin- oder Pflanzenfarben, von Kalk zerstört werden. Die Farben werden zunächst in weichem Wasser verrührt und dann der Kalkmilch beigemengt. Die Anstriche sind möglichst dünnflüssig aufzutragen, da ein stärkerer Überzug abblättert.

Die Kalkfarbenanstriche sind wenig dauerhaft und färben leicht ab. Eine Erhöhung ihrer Haltbarkeit, namentlich auch im Hinblicke auf ihre Wetterbeständigkeit, läßt sich erreichen durch Beimengung von Leinöl, Leinölfirnis, Milch, Blutserum[2]) u. a. m. Eine sehr gute Verbindung mit dem Putze erzielt man, wenn man den Kalkfarben-Anstrich auf die noch völlig frische Putzfläche etwa einen Tag nach ihrer Herstellung aufbringt, da alsdann die Kalkfarbe gemeinsam mit dem Putzmörtel erhärtet und fest und glänzend wird. Steht der Putz schon längere Zeit, so ist mit besonderer Sorgfalt darauf zu achten, daß alle Stellen vollkommen getrocknet sind, da beim Anstriche noch feuchte Stellen sich dauernd durch eine dunklere Farbe zu erkennen geben, d. h. stets sichtbar bleiben.

Wird 1 Teil gelöschter Kalk mit 5 Teilen Quark verrieben und diesem Gemenge Farbe zugesetzt, so entstehen die Kaseinfarben. Sie sind in Wasser unlöslich, also auch abwaschbar, sehr dauerhaft, verhindern auch — wenn auch nur für kürzere Zeit — das Entflammen von Holz u. dgl. Als Farbzusätze sind nur Metalloxyde und Erdfarben zulässig, von ersteren aber Bleiweiß, Zinnober, Berliner-Blau ausgeschlossen. Die täglich frisch zu bereitende Farbe ist mit dünnem Strich auf die vorher genügend genäßten Flächen aufzubringen. Leinöl- und Harzbeimengungen wirken auf die Frische der Farben günstig ein; zur Verdünnung der Anstriche wird fast nur Wasser verwendet.

Besondere Arten hierher gehörender Farben sind a) die Gerhardtschen

---

[1]) Nicht brauchbar sind von den Metallfarben die Bleifarben der verschiedensten Art, abgesehen von ihrer Giftigkeit, die sie sowieso an vielen Stellen nicht anwendbar macht.

[2]) Aus dem in flachen Mulden aufgesetzten Rinderblut scheidet sich nach wenigen Tagen das oben schwimmende Blutwasser ab, das mit fein gesiebtem Pulver von gebranntem Kalk vermischt wird.

Kaseinfarben und Putze[1]), namentlich die Gerhardtsche graue Zement-Kaseinfarbe[2]), der gleichnamige Wandputz für die verschiedensten Malereien usw., b) Antonys flüssiges Kasein[3]) zur Haltbarmachung der Wasserfarben bei inneren und äußeren Anstrichen und Malereien; es bindet gut und fest Erd- und chemische Farben, die sich mit dem Bindemittel gut in- und übereinander verarbeiten lassen. Da das flüssige Kasein verharzende und antiseptische Beimengungen enthält, hält es sich bestens sogar auf feuchten Wänden[4]).

6. Silikat- namentlich Wasserglas-Farbanstriche. Wasserglas stellt ein kieselsaures Alkali dar; nach der Art der Base unterscheidet man: Natron- und Kali-Wasserglas; das erstgenannte ist das billigere, jedoch ist das Kali-Wasserglas vorzuziehen, weil bei ihm die Neigung zur Bildung von Ausblühungen erheblich geringer ist als bei der Natronverbindung. In festem Zustande hat Wasserglas das Aussehen eines durchscheinenden, an der Luft wenig veränderlichen Glases, löst sich in siedendem, destilliertem

---

[1]) Hergestellt von der Firma Anton Richard in Düsseldorf, auf deren ausführliche Drucksachen besonders verwiesen sei.

[2]) Gerhardts graue Zementkaseinfarbe wird in Teigform, mit Wasser verdünnbar, geliefert. Sie eignet sich zu feinen Wandanstrichen, sowohl innen wie außen, auf Unterlagen aller Art vorzüglich auf nassen wie auch auf trockenem Zement- und Kalkmörtelputz, auf Stein, Ziegel usw. Es ist damit ein Material gefunden, welches der vielseitigen Verwendung zu Anstrichen von Fassaden (zweckmäßig gleich mit dem Verputz zu streichen) Sockeln, feuchten Gängen, Kellern, und anderen Wand- und Deckenflächen entspricht. Frischer Zementputz, welcher damit gestrichen wird, zeigt nicht die sonst schnell sich einstellenden Haarrisse. Für nachfolgende Anstriche mit Öl- und anderen Farben wird damit eine vorzügliche Unterlage geschaffen.

Allein angewandt, zeigt Gerhardts graue Zement-Kaseinfarbe einen feinen hellgrauen, warmen Natur-Steinton. Durch Zusatz von Zinkweiß kann sie noch deckender und heller gestaltet und durch Beimischung beliebiger Farben beliebig abgetönt werden. Diese Zusätze dürfen ohne weiteres im ganzen bis zu 50% der Menge der Farbe betragen.

Der Anstrich erlangt in 8—14 Tagen seine größte Festigkeit. Die Farbe streicht sich leicht mittelst gewöhnlicher Borstenpinsel. Verdünnung geschieht mit Wasser.

Verbrauch für Anstriche auf gewöhnlichen Kalkmörtel- und Zementputz, unter der Voraussetzung, daß etwa bis zu 50% Farbzusätze gemacht werden, ca. 240—280 g für 1 qm für den ersten Strich und etwa $^1/_2$—$^2/_3$ hiervon für einen etwa erforderlichen zweiten Strich. Auf glattem Zementputz dürfte man mit rd. 20% weniger auskommen.

[3]) Hergestellt von W. Antony in Trier.

[4]) Gebrauchsanweisung: Mit Kalk gestrichene Wände usw. sind von allen losen Teilen zu befreien, auszubessern und zu seifen. Etwaige Leimfarbenanstriche sind mit Wasser und Schwamm abzuwaschen und weiter wie oben zu bearbeiten. Gipsputz wird mit dünner, aber genügend bindender Kaseinfarbe vorgestrichen, desgleichen neuer Kalk- oder Zementputz. Kreide und andere Farben sind in wenig Wasser einzuweichen und in dickbreiigem Zustande zum gewünschten Ton miteinander zu vermischen; sodann ist das Kaseinbindemittel beizuschütten und innig mit den vorgenannten Stoffen zu verrühren. Um sich zu überzeugen, daß die Farben nach dem Trocknen nicht abfärben, ist, es erforderlich, vorher auf Papier eine Strichprobe zu machen. Die Menge des zum Binden der Farben erforderlichen Kasein ist durch die Verschiedenheit der Farben, deren Bestandteile und Eigenschaften im allgemeinen bedingt. Leichte Farben verlangen im Durchschnitt weniger Bindemittel als schwere, jedoch ist dies nicht bei allen Farben der Fall, z. B. Ultramaringrün und -blau, Kasselerbraun und van Dyck-Braun sind in guter Qualität keine schweren Farben, erfordern aber dennoch verhältnismäßig viel Kasein. Ein kg Kasein reicht aus, um 2—4 kg trockener Farbe zu binden; diese Mischung genügt je nach Beschaffenheit der Fläche, um 10 bis 25 qm damit zu streichen. Die Farben sind, wenn nötig, mit Wasser zu verdünnen, aber stets dickflüssig zu halten. Ein Zusatz von etwas Salmiakgeist oder gut gelöschtem und durchgesiebtem Kalk bis höchstens ein Sechstel der Farbe verhindert meist etwaiges Gerinnen der Farbe und macht dieselbe streichbarer. Ein Zusatz von Zinkweiß verhindert das Laufen der Farben. Ein bis zwei Anstriche mit Kaseinfarbe, mit Deckenbürste oder gutem Handpinsel ausgeführt, genügen in den meisten Fällen. Das Mischen der Malfarben geschieht wie das der Anstreichfarben. Ist das Kasein steif geworden, so kann es durch Erwärmen in der Flasche verflüssigt oder auch mit warmem Wasser verdünnt werden.

Wasser zu einer dickflüssigen Masse, welche, da sie durch die Kohlensäure der Luft zersetzt wird, in gut verschlossenen Gefäßen aufzubewahren ist. Da Anstriche von Wasserglas auf allen Stoffen, mit denen es sich nicht chemisch verbindet, einen firnisartigen, ziemlich wetterbeständigen, jedoch bei dauernder Nässe weich werdenden, nicht leicht abblätternden Überzug bildet, so eignet es sich gut als Bindemittel für Anstriche, deren Örtlichkeit im Gebäudeinnern seinen besonderen Eigenschaften Rechnung trägt, um so mehr, als die Gefahr des Abspringens und Abblätterns durch Zusatz von Farbstoffen — von Erdfarben bzw. von Metalloxyden — beseitigt wird.

Wasserglasanstriche eignen sich besonders für Putz-, namentlich Zementputzflächen, die allerdings vollkommen abgebunden und erhärtet sein müssen; sie werden alsdann zunächst mit einer 33%igen Wasserglaslösung, die mit dem dreifachen Gewichte von weichem Wasser angemengt wird, nicht selten auch mit einem Zusatze von 10 v. H. Schlämmkreide grundiert. Die Deckanstriche bestehen aus Wasserglas mit Wasserzusatz in seinem doppelten Gewichte und Farbe.

In ähnlicher Weise wird auch ein Anstrich auf Holz ausgeführt, durch den zudem dieses auf seiner Oberfläche wirksamst gegen Feuer, Fäulnis, Schwamm usw. gesichert wird; auch können aufgeklebte Tapeten durch Wasserglasanstriche dunkler, glänzend und abwaschbar gemacht werden; ferner lassen sich Wasserglasfarben (z. B. bei Verwendung von Barytweiß) dauerhaft auf Glas auftragen.

Auf den Auftrag in dünner Schicht und einen richtigen Gehalt der Lösung ist hier besonders zu achten, da bei zu dicker Einzelschicht bzw. beim Übereinanderstreichen mehrerer dünner Anstriche ein Abblättern des Überzuges zu befürchten steht.

Als Sonderfarben, die hierher gerechnet werden können, seien erwähnt:

a) Porosil-Farbe[1]). Dies ist eine durchaus haltbare und wetterfeste, durch einen matten, steinartigen Ton von hoher Leuchtkraft ausgezeichnete, aus mineralischen Stoffen hergestellte, giftfreie Farbe, die mit jedem Untergrunde eine innige Vereinigung eingeht, schnell erhärtet und verkieselt, dabei aber vollkommen porös verbleibt; sie ist zudem unempfindlich gegen Dampf, Säuredämpfe usw., gestattet ein Abwaschen, kann durch den Zusatz leichter Karbol usw. -Lösungen leicht desinfizierend gemacht werden, färbt und blättert nicht ab, und gestattet jegliche Verwendung außen und innen, jedoch mit der Ausnahme, daß Porosilfarbe nicht auf bereits mit Öl- oder Emaillefarben gestrichenen Flächen aufgebracht werden darf.

b) Amphibolin[2]). Dieses Verputzanstrichpulver ist als Anstrich für Zement- und Kalkverputz gut bewährt und hat sich als ein für Außen- und Innenwände wetterfester, geruch- und giftfreier, auch abwaschbarer Farbüberzug erwiesen, der auch eine desinfizierende Wirkung besitzt. Das Verputzpulver darf nur mit Erdfarben bis zu 10 v. H. seines Gewichtes abgetönt werden; chemische Farben — Ultramarin ausgenommen — dürfen dem Verputzpulver nicht beigemengt werden. Ebenso leidet die Güte und Dauerhaftigkeit des Anstriches durch Zusätze von Kreide, Kalk, Leim u. dgl. Das Pulver wird durch einen allmählichen Zusatz von 100 Gewichtsteilen kalten Wassers auf 100 Gewichtsteile Pulver streichfertig gemacht und auf trockenen festen Untergrund aufgetragen; ein einmaliger Anstrich reicht zur Deckung aus und erfordert für je 10 qm Fläche rd. 1 kg Pulver.

[1]) Die von Kauschmann & Cie. in Cassel hergestellte Farbe kann sowohl für Außen- wie Innenarbeiten, auch auf Zementflächen usw. Verwendung finden; sie bietet einen anerkannt vorteilhaften Ersatz für Öl-, Leim- und Kalkfarben.

[2]) Hergestellt von den Deutschen Amphibolin-Werken von R. Murjahn in Ober-Ramstadt bei Darmstadt.

c) Die Keimschen Mineralanstrichfarben[1]). Die Farbe besteht aus einem trockenen Farbpulver und dem Fixativ; beide Stoffe werden erst kurz vor der Verarbeitung miteinander vermischt, und zwar im Gewichtsverhältnisse von 1 : 2. Zum Vorstreichen empfiehlt sich eine Milchkalklösung, die mager aufgestrichen wird, damit sie weniger einen Überzug als eine Ausfüllung der Poren bildet; es empfiehlt sich, dieses Vorstreichmittel in jedem Falle anzuwenden, da man dem Putz die ungleiche Aufsaugefähigkeit nicht immer ansehen kann. Die stets porös bleibende Keimsche Farbe kann auf Kalk-, Gips- und Zementputzflächen aufgetragen werden, erfordert aber bei stark absaugenden Wänden u. dgl. (bei Backsteinen, Terrakotten u. dgl.) ein starkes Vortränken mit Fixativlösung (1 : 3 in Wasser); auch für Holzstreicharbeiten — namentlich im Gebäudeinnern — ist die Farbe gut verwendbar, ausgenommen auf früheren Ölanstrichen u. dgl. Für 100 qm Fläche braucht man rd. 20 kg Farbe und 40 kg Fixativ zu einem zweimaligen, vollkommen ausreichenden Anstriche. Neben den vorstehend bei a) und b) angeführten Eigenschaften haben die Keimschen Anstrichfarben noch den weiteren Vorzug, daß vermöge ihrer Durchsichtigkeit alle mit ihr gestrichenen Ornamente, Konturen usw. ihre volle Schärfe bewahren. Die Farbstellung ist eine sehr verschiedene: weiß, hell und dunkelgelb, rot, braun, dunkelocker, blau, grün und schwarz.

Eine besondere Art dieser Anstriche ist der „Keim-Putz", eine sehr widerstandsfähige Malgrundmasse zur Ausführung von Wandmalereien und „Keimtechnik". Auch eignet sich diese sandartige, nur mit Wasser anzumachende Masse von nach Erhärtung weißlicher Farbe und steinartiger Beschaffenheit zu einfachen und schwierigen Putzarbeiten, zu Kratzputz, zum Guß in Formen wie zum Herausarbeiten plastischer Massen, ornamentalen Schmuckes usw. Der Auftraggrund kann jeder beliebige andere wetterbeständige Putz, ein Naturstein, eine Backsteinfläche u. dgl. sein; nur muß der Grund genügend rauh sein und kurz vor Beginn der Arbeit ausreichend genetzt werden.

d) Hercula-Anstrichfarbe[2]). Die für Außen- und Innenarbeiten benutzte Anstrichfarbe wird in matten, aber sehr klaren und schönen, vorwiegend hellen Farbtönen geliefert; sie eignet sich für jede Streicharbeit auf Putz- und Steinflächen, die jedoch auch hier frei von jeglichem Öl- oder Leimanstrich sein müssen. Die nur mit Wasser anzumachende Farbe ist i. d. R. in zweifachem Anstriche aufzutragen. Die mit Herculafarbe gestrichenen Wände können mit jeder Farbe zu dekorativen Zwecken unmittelbar bemalt werden, selbst bei Ölfarben ist kein vorausgehendes Ölen notwendig.

e) Hyperolin-Farbe[3]). Das den vorgenannten durchaus ähnliche und mit gleichen Eigenschaften ausgestattete Farbpulver ist nur mit kaltem Wasser zunächst zu

---

[1]) Die Farben werden hergestellt von der Steingewerkschaft Offenstetten A.-G. in München.

Die Farbe wird strichfertig gemischt, indem man sie langsam in das Fixativ einlaufen läßt, die Flüssigkeit gut umrührt und mittelst des Pinsels durch ein Sieb treibt, um eine Knollenbildung zu verhindern.

Es ist nie mehr Farbe anzumachen, als an einem Tage gebraucht wird. Nach Gewichtsteilen ausgedrückt kommen auf 1 kg Farbe 2 kg Fixativ. Verwendet man daher Originalpackungen, so sind Farbpakete von 2, 4 oder 8 kg mit Fixativkannen von 4, 8 oder 16 kg zu mischen.

Die Farbe muß bei jedem Anstriche satt aufgetragen und dann gut mager verstrichen werden, sie muß unter dem Pinsel beim Streichen vollkommen glänzend erscheinen. Während der Arbeit ist die Farbe gut aufzurühren; am besten streicht man sie mit einer etwas abgearbeiteten Bürste. Der erste Anstrich muß völlig trocken sein (je nach der Witterung in ca. 12 Stunden), ehe der zweite folgt. Ein zweimaliger Anstrich genügt vollkommen.

Das Fixativ ist gut verschlossen aufzubewahren und vor der Verwendung tüchtig aufzuschütteln.

[2]) Hergestellt von Kochen und Beeck in Krefeld.

[3]) Hergestellt von Michael und Dr. Oehmichen in Ober-Ramstadt bei Darmstadt.

einem dicken Brei, erst nach etwa ½ Stunde durch Zufügung weiteren Wassers zu streichfertiger Farbe anzumachen; hierbei ist auf 1 kg Farbe 1 l Wasser zu rechnen; diese Menge reicht für 8—10 qm aus. Ein zweifacher Anstrich genügt durchaus. Erd- und Metalloxydfarben (bis 10 v. H.) mischt man der weißen Hyperolin-Farbe zu.

f) Endlich ist — den vorgeführten Anstrichen durchaus entsprechend — zu nennen: Indurin[1]), auf jedem rauhen festen Untergrunde, auch auf Backsteinfassaden, auf Eisen und anderen Metallen, auf Holz, Glas usw. bestens haftend und vielseitig bewährt.

§ 107. Tapeten.

Die zur Verkleidung der Wandflächen in Innenräumen benutzten Tapeten erfordern eine glatte Bearbeitung und eine Beseitigung der ätzenden Einwirkung des Kalkes der geputzten Wandflächen, d. h. ein Abreiben des Putzes mit Filzreibebrettern, sowie ein Überstreichen der Flächen mit Leim- oder Seifenwasser, denen Alaun oder Borsäure zugesetzt sind; letztere verhindern ein Faulen des Roggenmehlkleisters, mit dem die Tapeten angeklebt zu werden pflegen. Da trotz großer Vorsicht beim Aufkleben der Tapeten unmittelbar auf den Putz sich leicht Sandkörnchen aus diesem durch die Tapeten durchdrücken und deren Aussehen ungünstig beeinflussen, auch zum vermehrten Ansetzen von Staub und Schmutz Veranlassung geben, ist es zweckmäßig, bei besseren Tapeten auf den Putz zunächst eine Lage Zeitungspapier aufzukleben und hierauf erst die Tapeten anzubringen.

Sollen Holzflächen tapeziert werden, so ist es im Hinblick auf die unvermeidlichen Bewegungen des Holzes, namentlich bei Einwirkung der Feuchtigkeit des Kleisters, notwendig, das Holzwerk zunächst mit einem billigen Jutestoffe oder einem der auf S. 736 erwähnten gleichartigen Gewebe zu bespannen und erst auf ihm die Tapeten aufzukleben.

Je nach dem Stoffe, aus dem die Tapete hergestellt wird, werden unterschieden:

1. Papiertapeten. Diese meist verwendete Art wird i. d. R. in 8,00 m langen Rollen von 0,47 m Breite, selten, und nur bei guten Arten und großem Muster 0,70 m breit geliefert. Je nach der besseren oder weniger guten Ausnutzung der Tapetenfläche kann man die Ausgiebigkeit einer Normalrolle zu 3 bis 3,5 qm Wandfläche veranschlagen. Für gewöhnliche Tapeten werden meist billige, durchgefärbte Maschinenpapiere (Naturellpapiere) verwendet, für bessere Arten starke weiße oder sog. Ingrainpapiere, die aus 2 Lagen zusammengefügt sind und eine aufgerauhte Oberfläche zeigen. Einfarbige Tapeten werden durch Grundiermaschinen vermittelst sich drehender Farbwalzen (oder Farbbürsten) mit Leim und Ölfarbe gleichmäßig gefärbt, während gemusterte Arten, seltener durch Handdruck, i. d. R. durch Maschinendruck und alsdann in der Art erzeugt werden, daß die verschiedenen Farben, jede durch eine Walze, zu gleicher Zeit gedruckt werden.

Soll die einfarbige Tapete eine glänzende Oberfläche erhalten (Glanztapete), so wird der Grundierungsfarbe Barytweiß zugesetzt; auch können Tapeten, namentlich solche, welche Kachel- und Fliesen- oder Holz-Verkleidung nachahmen, gefirnißt oder

[1]) Vgl. S. 554. Die Farbvertretung hat die Firma R. Avenarius & Cie., Stuttgart, Hamburg Berlin, Köln.

lackiert werden; wird hierzu eine Verdünnung von Opalfirnis durch Terpentinöl benutzt, so gestatten die Tapeten nachträglich ein Abwaschen.

Sollen die Tapeten Reliefmusterung (gepreßte oder gaufrierte Tapeten) erhalten, so gehen sie durch zwei entsprechende, übereinanderliegende Walzen hindurch, von denen die eine die erhaben, die andere die vertieft eingravierten Ornamente usw. zeigt.

Eine Abart der Papiertapeten sind die Woll- oder Sammet-Velours-Tapeten, bei denen auf den vorher ganz, oder seltener zum Teil, durch Druck gefirnißten Untergrund (ganze und halbe Velourstapeten) Wollstaub aufgestäubt wird. Soll die gleichmäßig bestäubte Wolltapete gemustert werden, so werden hierzu Zink- u. dgl. Schablonen verwendet, die man auf die noch nicht vollkommen trockene Tapete legt, während die von ihnen freigelassenen Räume (Muster) durch Überbürsten aufgerauht werden; auch kann man die fertigen Wolltapeten mit in Firnis gelösten Farbstoffen, auch Bronzen (Gold und Silber) oder nur mit Firnis bedrucken und Metall- oder Wollstaub von neuem aufstäuben.

Werden an Stelle von Wollstaub zerkleinerte Seidenfasern verwendet, so entstehen die sonst gleichartigen besseren Seiden-Velours-Tapeten.

2. Gewirkte Tapeten. Hier sind die schon seit Jahrhunderten eingeführten, gewebten Gobelintapeten[1]), die türkischen, persischen, China-Tapeten, die hochwertvollen gewebten, auch gestickten und gemalten Seidentapeten u. a. m. zu nennen.

3. Ledertapeten. Echte Ledertapeten (Cordova-Tapeten) sind i. d. R. aus Kalbsleder erzeugt und stets mit Hilfe vertiefter Preßformen oder durch Reliefwalzen mit erhabener Ornamentierung versehen, oft zudem zum Teil vergoldet oder versilbert; sie sind meist auf Leinwand aufgespannt und stets in hölzerner Umrahmung an der Wand befestigt. Nachahmungen werden mit Hilfe starken Hanfpapieres erheblich besser durch die Lincrusta-Tapeten bewirkt.

4. Lincrusta-Tapeten stellen ein künstlerisch wertvolles, außerordentlich vielgestaltiges Tapetenmaterial dar, das auf ähnliche Art wie Linoleum[2]) nur unter Verwendung von Holzstoff, also auch unter Benutzung von oxydiertem Leinöl als Bindemittel, auf einer Leinwand- oder Papierunterlage durch Walzung, Prägung (vermittelst Walze), Färben und Bedrucken hergestellt wird.

Lincrusta — ein hervorragender Sockel-, Wand-, Gesims- und Deckenschmuck — ist außerordentlich beständig, leicht durch Abwaschen zu reinigen und zu desinfizieren; es stellt mithin neben seiner warmen Tönung und seiner jedem Stil anzupassenden Gestaltung, ein hochwertvolles neuzeitliches Tapetenmaterial dar.

5. Als zu den Tapeten — wenn auch nicht im eigentlichen Sinne — gehörend, seien noch die „Joszschen Dekorativ-Wandbekleidungen aus biegsamem Emaille-Metall“ erwähnt[3]). Die dünnen Platten, welche mit einem eigenartigen Kitt überzogen sind, können sowohl im Freien wie im inneren Ausbau überall verwendet werden; sie haben das Aussehen von Porzellan- oder Steingutplatten, sind ihnen gegenüber aber durch die Möglichkeit des zuverlässigen Anschlusses an beliebig geformte Flächen vorteilhaft ausgezeichnet, sowie durch das geringe Gewicht von 2 kg für 1 qm

[1]) Je nachdem beim Weben die Kette senkrecht oder wagrecht läuft, unterscheidet man: Hautelisse-Gobelin- und Basselisse-Gobelintapeten.

[2]) Das Verfahren ist i. d. R. das Walton-Verfahren, vgl. S. 737; daher führt die Lincrusta auch vielfach die Doppelbenennung: Lincrusta-Walton; besonders gut eingeführt sind die deutschen Marken.

[3]) Generalvertrieb: Louis Miethe Nachf., Leipzig.

(gegenüber 20—24 kg bei Fyaence-Platten) und endlich durch die geringe Anzahl von Fugen; auch sind die Platten durchaus dauerhaft gegen jede desinfizierende Waschung und eine Reinigung mit verdünnten Säuren, Benzin, Seifenwasser usf. und haben sich an vielen Orten unter den verschiedensten Verwendungsbedingungen bewährt.

Literatur-Nachweisung

zu Kapitel XXXI und XXXII[1]).

Wegen der Abkürzungen vgl. die früheren Literatur-Nachweisungen.

Dachpappe usw.

1. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 281—287.
2. E. Gerhardt, Baustoffkunde, S. 189.
3. Dr. H. Köhler, Die Chemie und Technik der natürlichen und künstl. Asphalte, Dachpappen usw., S. 302, 388. Fr. Vieweg-Sohn, Braunschweig. 1904.
4. Dr. E. Luhmann, Die Fabrikation der Dachpappe usw. 2. Heft. Wien-Leipzig. Hartlebens Verlag. 1912.
5. C. Schmid, Technische Studienhefte. Asphalt, Teer, Öl im Straßenbau. Heft 5. Stuttgart. Konrad Wittwer. 1905.
6. F. Lindenberg, Die Asphaltindustrie. Wien-Leipzig. Hartlebens Verlag.
7. W. Peterson-Kinberg, Moderne Teerdestillation und Dachpappenfabrik. Wien-Leipzig. Hartlebens Verlag. 1904.
8. St. Mattar, Dachpappe und Holzzement. Wiesbaden. Druck P. Plaum. 1902.
9. Die wasserdichten Baumaterialien. Broschüre von Büsscher und Hoffmann, Eberswalde.
10. Die Isolierung der Bauwerke gegen Feuchtigkeit und Druckwasser. Broschüre der Firma A. Siebel, Düsseldorf-Rath.
11. Kitonverfahren zur Herstellung staubfreier Straßen. Broschüre von Dr. F. Rasching, Ludwigshafen a. Rh.
12. Drucksachen über Patentfilztafeln „Kosmos" von A. W. Andernach. Beul a. Rh.
13. Drucksachen über Dachpix von A. v. Zehmen. Dresden.

Asbest.

14. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 287 u. ff.
15. Asbestzementschiefer, vgl. die Drucksachen der A.-G. Alfred Calmon, Hamburg, namentlich die Broschüre Eternit-Schiefer, Patent Hatschek.
16. Das Ganze der Asbestverarbeitung. Sonderabdruck aus der Gummizeitung Dresden-A. Steinkopf und Springer. 1903.

Filzplatten.

17. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 290.
18. Drucksachen der Filzfabrik Adlershof bei Berlin.

Holzzement.

19. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 290.
20. E. Gerhardt, Baustoffkunde, S. 189.
21. St. Mattar, Dachpappe und Holzzement. Druck P. Plaum. Wiesbaden. 1902.
22. Verbesserte Kiesschutzleiste der Holzzementdächer. Broschüre von Büsscher und Hoffmann in Eberswalde.
23. H. Köhler, Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte, S. 367.

[1]) Vgl. zudem die vielfachen Literaturstellen im Texte.

Stroh, Rohr usw.

24. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 306 u. ff.
25. E. Gerhardt, Baustoffkunde, S. 145.
26. Drucksachen der Galvanischen Metallpapierfabrik Berlin N (Gewebebauplatten).

Wasserdichte Leinwand.

27. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 293.
28. Drucksachen der Firma Weber-Falckenberg, Berlin SW.
29. Drucksachen der Firma J. H. C. Karstadt, Hamburg.

Kautschuk und Guttapercha.

30. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 274 und 278.
31. E. Feltone, Isoliermaterialien (Wärme-, Kälte-) Schutzmassen. Wien-Leipzig. Hartlebens Verlag. 1903.
32. A. Forstner, Die künstliche Kühlung, Isolation gegen Feuchtigkeit und für Elektrizität. Wien Leipzig. Hartlebens Verlag. 1903.

Ruberoid.

33. Vgl. die Drucksachen der Ruberoid-Gesellschaft m. b. H. Hamburg, namentlich
34. Rote Ruberoid-Bedachung. Broschüre.
35. Ruberoid-Isolierung, Broschüre, und
36. Neueste Nachrichten über Ruberoid.

Linoleum.

37. Der Idealfußboden, Broschüre z. Berl. Tuberkulosekongreß im Mai 1899. Herausgegeben von den Deutschen Linoleumwerken Hansa in Delmenhorst.
38. Drucksachen der Deutschen Linoleumwerke Hansa, Anker, Delmenhorst, Rixdorf, Maximiliansau, Bietigheim usw.
39. Vgl. u. a. Deutsche Industrie — Deutsche Kultur. Ecksteins Biograph. Verlag Berlin. Jahrg. III. Nr. 11. Die deutsche Linoleum- und Lincrusta-Fabrikation.
40. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 293.
41. E. Gerhardt, Baustoffkunde, S. 234.

Kapitel XXXII.

Glas.

1. Zeitschrift, Baumaterialienkunde. Stuttgart (von 1896 an).
2. Zentralblatt für Glasindustrie und Keramik, Wien, erscheint seit 1892.
3. Süddeutsche Glaserzeitung, München, erscheint seit 1897.
4. Die Glasindustrie, Berlin, erscheint seit 1890.
5. Dr. G. Rauter, Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Bd. I. Glas- und Keramische Industrie, Sammlung Goeschen, Leipzig, 1904; Glasindustrie, S. 10—81 bespricht kurz: 1. Chemische Natur der Gläser; 2. Zusammensetzung der verschiedenen Glasmassen; 3. Herstellung des Glases; 4. Glasschmelzöfen; 5 Verarbeitung der Glasmasse; 6. Weitere Behandlung des Glases.
6. Tscheuschner, Handbuch der Glasfabrikation. Verlag Voigt, Weimar. 1885.
7. Dralle, Die Glasfabrikation (Anlage und Betrieb). Verlag Baumgartner, Leipzig. 1886.
8. Hovestadt, Das Jenaer Glas u. seine Verwendung in Wissenschaft u. Technik. Verlag G. Fischer. Jena. 1900.
9. Muspratts, Encyclop., Handbuch der Technischen Chemie. Herausgegeben von F. Stohmann und B. Kerl. Verlag Vieweg und Sohn, Braunschweig. 3. Band: Glasindustrie. 1891.
10. Th. Landsberg, Die Glas- und Wellblechdeckung der eisernen Dächer. Darmstadt. 1887.
11. L. Schwering, Verglaste Dächer und Oberlichter. Handbuch der Arch. III. 2., V. 5. Aufl. S. 284 bis 349. Stuttgart. 1899.
12. Chr. Nußbaum, Verwendung von Glas zur Bekleidung der Wand- und Deckenflächen. Hannov. Gewerbeblatt 1894. Nr. 15. v. 1. VIII.
13. E. Gerhardt, Baustoffkunde, S. 211—220.

14. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 175—200.
15. Handbuch der Architektur 1. I, S. 306—316.
16. A. Demmin, Keramische Studien. 4. Folge. Das Glas, dessen Geschichte und Werkweise. Leipzig. 1886.
17. Drucksachen der A.-G. Siemens, Dresden.
18. Drucksachen der Luxfer- und Elektroglas-Ges. Berlin.
19. Drucksachen der Sächsischen Glaswerke, vorm. Grützner und Winter, Deuben.
20. Drucksachen von Häusler und Pfütze, Dresden-N.
21. Stroth, Einiges über die Bearbeitung des Glases. Haarmanns Zeitschrift für Bauhandwerker 1881. S. 79.
22. Schwering, Über die Biegungsfestigkeit des Glases mit Rücksicht auf die Konstruktion von Glasbedachungen. Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover 1880, S. 69. Grundlegende Untersuchung.
23. Connert, Über die Biegungsfestigkeit des Glases. Civilingenieur. 1888. S. 1, 109 und 621.
24. Hartig, Die Bruchfestigkeit des Glases. Civilingenieur. 1892. S. 265.
25. Sur la résistance à la flexion du ver trempé. Comptes rendus. Bd. 90. S. 194.
26. R. Weber, Über die chemische Zusammensetzung der Gläser und ihre Widerstandsfähigkeit gegen atm. Einflüsse. Ann. d. Phys. u. Chemie, neue Folge. Bd. 4. S. 431.
27. Neuerungen in der Herstellung von Drahtglas und Preßglas. Dingl. polyt. Journal. 1896. Bd. 299. S. 12.

Anstriche.

28. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 249—274.
29. E. Gerhardt, Baustoffkunde, S. 220—225.
30. Th. Böhm, Kapitel Hochbaukunde im Taschenbuch für Bauingenieure. Jul. Springer, Berlin. 1911. S. 753—758.
31. Dr. Jakobitz, Über desinfizierende Wandanstriche. Münchener med. Wochenschrift. 1901 vom 12. II.
32. Dr. L. Rabinowitz, Dgl. Zeitschr. für Hygiene und Infektionskrankheiten. 1902.
33. M. Foerster, Die Meißnerschen Anstrichfarben. Eisenbau. 1912. Märzheft.
34. Drucksachen der Firma G. Zonca & Cie., Kitzingen a. M. über Zoncafarbe.
35. Drucksachen der Firma H. Schmincke & Cie., Düsseldorf-Gräfenberg, über Monumentalmalerei.
36. Drucksachen über Keßlers Fluate, Hans Hauenschild, Berlin.
37. Drucksachen über Testalin, Hartmann und Hauers Hannover.
38. Drucksachen über Szerelmey-Schutzmittel, Hector und Brosius, Frankfurt a. M.
39. Drucksachen über die Gerhardtschen Kaseinfarben, A. Richard, Düsseldorf.
40. Drucksachen über die Meißnerschen Farben, R. Meißner, Heidenau b. Dresden.
41. Drucksachen über die Porosilfarbe, Kauschmann & Cie., Cassel.
42. Drucksachen über Keimsche wetterfeste Mineral-Anstrichfarben, Gewerkschaft Offenstetten-München.
43. Drucksachen über Dr. Roths Inertol, Paul Lechner, Stuttgart. Vgl. auch Z. d. B. 1906, Nr. 75, D. B. 1908, Nr. 24, Gesundheitsingen. 1908, Nr. 14.
44. Drucksachen über Joszsche Dekorationswandbekleidung (biegbares Emaillemetall) von Louis Micthe, Leipzig.
45. Drucksachen der Firma Rosenzweig u. Baumann, Cassel, über verschiedenste Anstriche, namentlich die Porzellan-Emaille-Farben.
46. Drucksachen der A.-G. Johann Jeserich, Hamburg: Siderosthen-Lubrose.

Tapeten.

47. Vgl. u. a. R. Krüger, Baustofflehre II, S. 297 u. ff.
48. E. Gerhardt, Baustoffkunde, 237.

Lincrusta.

49. Drucksachen der Delmenhorster Linoleum-Fabrik Anker (vgl. auch unter Linoleum).

Sachverzeichnis.

Die angegebenen Zahlen bezeichnen die Hauptseiten des Textes.
Abk.: P.-Z. = Portlandzement. E.-P.-Z. = Eisenportlandzement.

A.

Aalborg-Ofen 615.
Albrecht-Meier-Ofen 583.
Amphibolin-Farbe 759.
Anstriche 750—761.
Antonys flüssiges Kasein 758.
Asbest-Gewebe 735—736.
Aspdin's Patent 577—578.
Asphalt-Beton 719.
Asphalt (Bitumengehalt) 709—710.
— Entstehung 707.
— Festigkeit 711.
— -Filzplatten 719.
— Gewinnung 711—712.
— Isolierarbeiten 719—720.
— künstlicher 721—723.
— -lacke, -farben 720—721.
— -leinenpappe 731.
— -Mastix 717.
— Natur- 706.
— Verwendung 712—721.
— Vorkommen 706—709.
— Zusammensetzung 709.
Asphaltin-Pappe 731.
— -Straßenbelag 720.
Asphaltstein 706.
— Verwendung 711.
Ausbeute des Mörtels 576.

B.

Baracken-Pappe 730—731.
Baufluat 755.
Bergteer 706.
Beton, geschichtliche Entwickelung 580.
— Transport- 669.
Biehnsche Dichtung 719.

C.

Cosmos-Tafeln 731—732.

D.

Dachpappe 728—730.
Dachpix 731.
Diabasit 607.
Dichtigkeit des Mörtels 576.
Dietzschscher Ofen 614.
Drahtglas 748.
Drehrohr-Ofen 616—617.
Duresco-Pappe 731.

E.

Edelputz 605.
Eisenanstriche, Nachtrag 761.
Eisenüberzugsöl von Meißner 754.
Electro-Glas 749.
Emaille-Farben 756.
E.-P.-Z. Eigenschaften 687—688.
— Erklärung 684—685.
— geschichtliche Entwickelung 685—686.
— Herstellung 686—687.
— Schlackenbeschaffenheit 686.
— Verwendung 688.
Erfurter Kammerofen 583.
Erz-Zement 691.
Eternit-Schiefer 736.

F.

Farbe (Desinfektionsnachweis) 756.
Farben 753—754.
Farbprüfung 751—754.
Felsit-Porphyr-Putz 607.
Filz-Pappen 730.
Filzplatten 742—743.

G.

Gerhardts Kaseinfarben 757—758.
Gernentzdach 744—745.
Geschichte des Mörtels 576—581.
Gewebebauplatten 743—744.

Gewirkte Tapeten 762.
Gips-Beton 585.
Gips-Estrich, Herstellung 586.
Gipsmörtel 581—587.
— Brennen 582—584.
— Erhärtung 584.
— Festigkeit 586.
— Prüfung 586—587.
Glas 745—750.
— Farbstoffe 746.
— Fehler 749—750.
— geblasenes 747.
— gegossenes 747—749.
— Herstellung 746—747.
— -Mosaik 750.
— -Prüfung 750.
— Rohmasse 745.
— Zusammensetzung 745.
Gobelin-Tapeten 762.
Goudron 717.
Graukalk 596—601.
— Ausgiebigkeit 597.
— Löschen 597.
— -mörtel, Erhärtung 597.
— — Festigkeit 598.
Gußasphalt 716—720.
— Verwendung 717—720.
Guttapercha 741.

H.

Harzer Schachtofen 583.
Helioth-Putz 585.
Hercula-Farbe 760.
Holzzement 739.
Hotop-Ofen 583.
Hydraulische Kalke s. Wasserkalke.
— Zuschläge 692—702.
— — künstliche 702.
Hyperolin-Farbe 760.

I.

Indurin-Anstrich 761.

J.

Johnson 578.
Joszsche Wandbekleidung 762—763.

K.

Kalk-Brennöfen 588—591.
Kalk, Löschen, maschinell 593.
— — (Weißkalk) 591—593.
Kalkmörtel, Ausschreibungsbedingungen 599.
— Prüfung 598—599.
— -Zuschläge 599.
Kalk-Traß-Mörtel 694—696.
Kalkzementmörtel 599—601.
Kaseinfarben 757.
Kasein-Anstriche 757.
Kathedral-Glas 749.
Kautschuk 740—741.
Kautschukin-Isoliertafeln 741.
Keimsche Mineralfarben 760.
Kiton-Verfahren (Schotter-Straßen) 722—723.
Kitt-Arten 723—726.
Kittmasse des Mörtels 576.

L.

Lackfarben-Anstriche 756.
Lambert-Zement 691.
Lasur-Farben 756.
Leder-Tapeten 762.
Lehm-Estrich 581.
Lehmmörtel 581.
Leimfarben-Anstriche 754—755.
Leinen-Stoffe, wasserdichte 736—737.
Leinölfirnis 755.
Lincrusta-Tapeten 762.
Linoleum 737—740.
Lithin 607.
Luft-Kalke 587—601.

M.

Magermilch, Zusatz (Weißkalk) 596.
Marmor Putz 585.
Meiler für Kalkbrennen 588.
Meißners Farben 751—754.
Menge des Mörtels 576.
Mischmaschinen, P.-Z.-Mörtel 672—684.
Mischzemente 691—692.
Mörtel, Herstellung (Weißkalk) 593—594.
Münchs Dauerfarben 756.
Musiv-Verglasung 750.

O.

Oberlicht-Glas 749.
Ölfarbenanstriche 755—756.
Ornamentglas 748.

P.

Pachytect 719—720.
Papiertapeten 761—762.
Porosilfarbe 759.
Portland-Zement 610—684.
P.-Z., Anmachewasser, Menge 637.
— Aufbereitung 611—613.
— Ausdehnung bei Erhärtung 639.
— -Beton, Bestimmungen für Stampfbeton 661—669.
— — Bestimmungen für Stampfbeton-Druckversuche 667—669.
— Brennen 613—617.
— chemische Art des Erstarrens 636.
— deutsche Normen 610, 619—629.
— Einfluß der Mahlung 638.
— elastische Verhältnisse 640—643.

Portland-Zement, Erklärung 610.
— -Fabrik 1. in Deutschland 578 - 579.
— -Fabrikanten, Verein deutscher 623.
— Farbe 636.
— Geschichtliche Entwickelung der Prüfung von 619—622.
— Halbnaßverfahren 612.
— im Seewasser 636.
— -industrie, das Anwachsen der deutschen 579.
— -Mörtel, elastische Dehnung 643.
— — Elastizitätsgrenze 643.
— — Festigkeitsverhältnisse 643—654.
— — und -Beton, Elastizitätszahlen 640—643.
— — usw., Abnutzungsfestigkeit 651.
— — usw., Anwendungsgebiete 659—669.
— — usw., Ausbeute 659.
— — usw., Biegfestigkeit 649—650.
— — usw., Druckfestigkeit 643—647.
— — usw., Einwirkung chemischer Wässer 634—655.
— — usw., Einfluß von Kanalgasen 654.
— — usw., Einfluß von Lokomotivgasen 655.
— — usw., Festigkeit, Einfluß der Zuschlagstoffe 653—654.
— — usw., Feuersicherheit 657—658.
— — usw., Haftfestigkeit 651—653.
— — usw., im Moorwasser 654—655.
— — usw., Kälte und Wärme, Einfluß auf Erhärtung 656.
— — usw., Scherfestigkeit 650—651.
— — usw., Schutzanstriche 658.
— — usw., Schutz gegen chemische Wässer 654.
— — usw., Temperaturausdehnung 557.
— — usw., Verhalten gegenüber elektrischen Strömen 655—656.
— — usw., Wasserdichtheit 658.
— — usw., Zugfestigkeit 648—649.
— österreichische Normen 629—635.
— Rohstoffe 611.
— Schlemmverfahren 611—612.
— Schwindrisse 639.
— Struktur 636.
— Traßzusatz 638.
— Treiben 639—640.
— Trockenverfahren 612.
— Volumenbeständigkeit 638—640.
— Wasserbeschaffenheit (chemisch) 637—638.
— Zerkleinerung 617.
Preßhartglas 749.
Puzzolan-Erde 701.
Pyknotan-Verfahren (Traß-Teer-Schotter-Straßen) 700—701.

R.

Riessolin-Oxyd 751.
Ringofen (Kalk) 590—591.
— (Portlandzement) 618.
Rohr 744.
Roman-Zemente 607—610.
— deutsche Fundorte 610.
— Lieferung 610.
— -Mörtel 608—609.
— — Ausbeute 609.
— — Festigkeit 609.
— Normen 607—608.
Rubberpaint 751.
Ruberoid 733—735.
Rubol 751.
Rüdersdorfer Kalkofen 590.

S.

Sammettapeten 762.
Sand-Asphalt-Pflaster 721—722.
Santorin-Erde 701.
Schachtöfen (Kalk) 589—590.
Schachtofen (Portland-Zement) 613.
Schlackenzement, Königshofener 689—690.
Schlackenzemente 688—691.
— österreichische Normen 690—691.
Schneider-Ofen 615.
Siebold-Stern-Zement 691.
Sikkativ 755.
Silikat-Farbanstriche 758—761.
Sortiermaschinen, P.-Z.-Mörtel usw. 669—670.
Spiegelglas 749.
Stampfasphalt 713—716.
Stroh 744.
Stuck-Gips, Brennen 582.
Sturmpappe 731.
Superator-Platten 735—736.

T.

Tapeten 761—763.
Tectolith 719.
Teer 728.
— Verwendung (als Anstrich und zur Tränkung) 732—733.
Terranova 606.
— -Secura 606.
Terrasit-Edelputz 606.
Thermon 756.
Tillrén-Platten 750.
Topasit 607.
Traß 692—700.
— chemische Einwirkung beim Erhärten 694.
— Geschichte 693.
— -Mörtel 694—700.
— — erprobte Mischungsverhältnisse 699.
— — Vorzüge 693—694.
— Prüfungsnormen 699—700.
Trichteröfen (Kalk) 589.

U.

Überfangglas 746.

V.

Velourstapeten 762.
Verlängerter Zementmörtel 599—601.

W.

Wachsfarben-Anstriche 757.
Waschmaschinen, P.-Z.-Mörtel usw. 670—672.
Wasserglas-Farbanstriche 758—761.
Wasserkalke 601—607.
Wasserkalk, Ausbeute 604.
— Brennen 601—602.
— Festigkeit 605.
— Löschen 602—603
Wasserkalk-Mörtel 604—605.
— Prüfung 605.
— Verwendung 605.
Weiß-Kalk 588—596.
— Ausbeute 593.
— Brennen 588.
— Festigkeit 595—596.
— Mörtelerhärtung 594—595.
Wolltapeten 762.

Z.

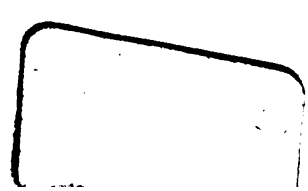
Zement-Kalk-Traß-Mörtel 697—698.
Zement-Traß-Mörtel 696—697.

89080450166

B89080450166A

SF
+F68

990446

ENGINEERING LIBRARY
UNIVERSITY OF WISCONSIN
MADISON 6, WISCONSIN

ENGINEERING
LIBRARY